

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-251219

(P2000-251219A)

(43) 公開日 平成12年9月14日 (2000.9.14)

(51) IntCl.

識別記号

F I

ターコード* (参考)

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

D 5 D 0 3 3

C 5 D 0 3 4

K

5/39

5/39

審査請求 有 請求項の数20 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-48985

(22) 出願日 平成11年2月25日 (1999.2.25)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 野村 いづみ

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 六本木 哲也

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 100107559

弁理士 星宮 昌美

Fターム(参考) 5D033 BA08 BA13 BB43 CA01 DA03

DA04 DA08

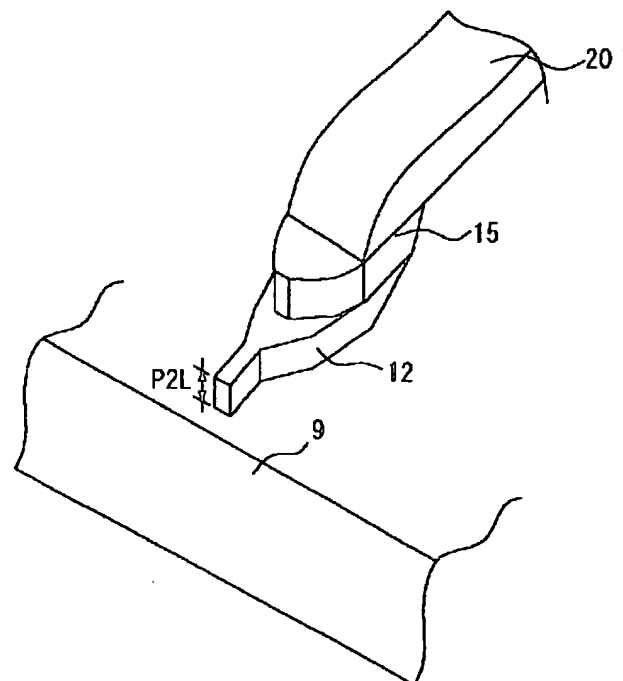
5D034 BA02 BB12 DA07

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁極幅を小さくしても、磁束が磁極部分の先端まで届く途中で磁気飽和を起こすことを防止して、十分な書き込み能力を確保すると共に、容易に製造できるようにする。

【解決手段】 誘導型磁気変換素子の上部磁性層は、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15と第2のヨーク部層20とを有している。上部磁極部層12のエアベアリング面側の端部における幅、すなわち磁極幅は、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面側の端部における上部磁極部層12の幅よりも小さい。また、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面側の端部における上部磁極部層12の幅は、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面側の端部における第1のヨーク部層15の幅よりも大きい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部がギャップ層を介して対向する2つの磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる2つの磁性層と、この2つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイルとを有する誘導型電磁変換素子を備えた薄膜磁気ヘッドであって、

前記2つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層は、一端部が記録媒体に対向する媒体対向面側に配置され、磁極部分を形成する磁極部層と、この磁極部層の他端部側に磁気的に結合されるヨーク部層とを有し、前記磁極部層の媒体対向面側の端部における幅が、前記磁極部層と前記ヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における前記磁極部層の幅よりも小さいことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記磁極部層と前記ヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における前記磁極部層の幅が、前記結合部分の媒体対向面側の端部における前記ヨーク部層の幅よりも大きいことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記磁極部層の媒体対向面側の端部における幅は、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1または2記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 前記磁極部層の媒体対向面側の端部における幅は、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.3\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1または2記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 前記磁極部層の厚みは、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 前記磁極部層の厚みは、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.3\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 前記ギャップ層の厚みは、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.1\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】 更に、記録信号読み取り素子を備えたことを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項9】 前記記録信号読み取り素子は、磁気抵抗効果素子であることを特徴とする請求項8記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】 前記記録信号読み取り素子は、前記ギャップ層の中に配置されていることを特徴とする請求項8または9記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項11】 磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部がギャップ層を介して対向する2つの磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる2つの磁性層と、この2つの磁性層の間に絶縁層を介して

配設された薄膜コイルとを有する誘導型電磁変換素子を備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、前記2つの磁性層と前記薄膜コイルを形成する各工程を含むと共に、

前記2つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層を形成する工程が、一端部が記録媒体に対向する媒体対向面側に配置され、磁極部分を形成する磁極部層と、この磁極部層の他端部側に磁気的に結合されるヨーク部層とを形成すると共に、前記磁極部層の媒体対向面側の端部における幅を、前記磁極部層と前記ヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における前記磁極部層の幅よりも小さく形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項12】 前記磁極部層と前記ヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における前記磁極部層の幅を、前記結合部分の媒体対向面側の端部における前記ヨーク部層の幅よりも大きくすることを特徴とする請求項11記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項13】 前記磁極部層の媒体対向面側の端部における幅を、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項11または12記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項14】 前記磁極部層の媒体対向面側の端部における幅を、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.3\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項11または12記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項15】 前記磁極部層の厚みを、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項11ないし14のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項16】 前記磁極部層の厚みを、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.3\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項11ないし14のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項17】 前記ギャップ層の厚みを、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.1\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項11ないし16のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項18】 更に、記録信号読み取り素子を形成する工程を含むことを特徴とする請求項11ないし17のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項19】 前記記録信号読み取り素子は、磁気抵抗効果素子であることを特徴とする請求項18記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項20】 前記記録信号読み取り素子を、前記ギャップ層の中に配置することを特徴とする請求項18または19記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、少なくとも誘導型

電磁変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置に用いられる薄膜磁気ヘッドとしては、薄膜書き込み素子と、磁気抵抗効果（以下、MR (Magnetoresistive) と記す。）素子を用いた読み取り素子とを有する複合型のものが主に用いられるようになっている。

【0003】MR素子としては、異方性磁気抵抗（以下、AMR (Anisotropic Magnetoresistive) と記す。）効果を用いたAMR素子、巨大磁気抵抗（以下、GMR (Giant Magnetoresistive) と記す。）効果を用いたスピンバルブGMR素子やスピントンネルGMR素子等がある。MR素子は、磁気ディスクとの相対速度に依存せず、高い分解能が得られるという特徴を有する。読み取り素子は、第1シールド層と、第2シールド層と、MR素子とを含んでいる。第1シールド層と第2シールド層は、互いに所定の間隔を隔てて配置され、MR素子は第1シールド層と第2シールド層の間に、適当な非磁性絶縁物を介して配置されている。

【0004】書き込み素子としては、誘導型電磁変換素子が用いられる。書き込み素子は、例えば、読み取り素子の上に積層される。書き込み素子となる誘導型電磁変換素子は、例えば、読み取り素子における第2シールド層を兼ねた下部磁性層と、上部磁性層と、これら2つの磁性層の間に絶縁層を介して配置された薄膜コイル等を有している。下部磁性層と上部磁性層の先端側（媒体対向面側）には、微小な厚みのギャップ層を介して対向する下部磁極部分と上部磁極部分とが形成されている。下部磁性層および上部磁性層における下部磁極部分および上部磁極部分とは反対側は、磁気回路を形成するように、互いに磁気的に結合されている。薄膜コイルは、下部磁性層と上部磁性層の結合部の周りを渦巻き状に回るように形成されている。このような構成の誘導型電磁変換素子では、薄膜コイルによって発生された磁束が、下部磁性層と上部磁性層とを含む磁気回路を通過し、ギャップ層において漏れ磁束が発生する。そして、この漏れ磁束によって書き込みが行われる。

【0005】ところで、磁気ディスク装置では、高記録密度化が要望されている。上述の構成の薄膜磁気ヘッドを用いて、高記録密度化に対応するためには、磁気ディスクの単位面積あたりに記録されるデータ量（データの面記録密度）を高めなければならない。データの面記録密度の向上は、書き込み素子の能力向上と共に、磁気ディスク等の磁気記録媒体の性能向上、ヘッドの低浮上量化および書き込み信号の高周波数化等によって達成される。

【0006】書き込み素子の能力を向上させて面記録密度を向上させる一つの手段は、2つの磁極間のギャップ層の厚みを小さくすることである。しかし、記録ギャッ

プ層の厚みの短縮は、所定のヘッド浮上量においては、2つの磁極間における記録のための漏れ磁界強度の減少をまねくので、おのずと限界がある。

【0007】面記録密度を高めるもう一つの手段は、磁気ディスクに記録できるトラック数を増やすことである。磁気ディスクにデータを記録できるトラック数は、通常、TPI (track per inch) というトラック密度で表現される。このトラック密度の向上に関する書き込み素子の能力は、トラックの幅を決めるヘッド寸法を小さくすることによって高めることができる。このヘッド寸法は、通常、書き込み素子のトラック幅と称されている。

【0008】ところで、上述した従来の一般的な薄膜磁気ヘッドの場合には、書き込み素子の下部磁性層が、読み取り素子の第2シールド層を兼ねているので、下部磁極部分の幅を狭くすることができない。このため、記録中にかなり大きなサイドフリンジング磁界（ギャップ層の側方に広がる漏洩磁界）が生じ易い。サイドフリンジング磁界は、達成可能な最小トラック幅を制限し、トラック密度の向上に限界を生じさせる。また、サイドフリンジング磁界は、書き込まれたデータを読み取り素子で読み取るときのオフトラック性能を劣化させる。

【0009】上述する問題点を解決する手段として、米国特許第5,452,164号には、下部磁極部分の幅を上部磁極部分の幅に合わせた技術が開示されている。また、この米国特許第5,452,164号には、上部磁性層を、磁極部分を形成する第1の層と、ヨーク部分を形成する第2の層の2つの層に分けると共に、この2つの層の接合部分において、第2の層の幅を第1の層の幅よりも大きくし、第2の層の幅方向の両側部を、第1の層の両側面から側方に突出させた構造が示されている。

【0010】また、磁極部分のディスク走行方向側の記録磁界勾配を改善する手段として、特開平10-105921号公報には、上部磁性層を、磁極部分を形成する第1の層と、ヨーク部分を形成する第2の層の2つの層に分けると共に、第2の層の先端部（媒体対向面側の端部）を、媒体対向面から遠ざけた構造が示されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来、ヘッドの磁極幅が2 μ m程度の場合には、薄膜コイルによって発生され、下部磁極部分および上部磁極部分を通過する磁束は、途中で飽和することなく、磁極部分の先端（媒体対向面側の端部）まで到達していた。しかしながら、記録におけるトラック幅を縮小するために書き込み素子の磁極幅を0.5 μ m以下程度に縮小すると、薄膜コイルによって発生された磁束が、磁極部分の先端まで届く途中で磁気飽和を起こすため、磁極部分の先端には、磁束が集中して分布し難くなるという現象が発生する。そして、この現象によって、最大記録磁界の減少、

記録磁界分布の劣化、サイドフリンジング磁界による記録にじみが発生し、重ね書きを行う場合の特性であるオーバーライト特性が劣化するという問題点や、高周波数駆動領域での磁気飽和動作が劣化してしまい、書き込み信号の高周波数化が困難になるという問題点が発生する。前出の米国特許第5, 452, 164号および特開平10-105921号公報のいずれも、このような問題点を解決することができない。

【0012】また、従来の技術では、上部磁性層を、磁極部分を形成する第1の層と、ヨーク部分を形成する第2の層の2つの層に分けた場合、一定の幅を有する第1の層の上に、第2の層を形成するようにしていた。そのため、従来の技術では、ヘッドの磁極幅を小さくすると、幅の小さな第1の層の上に精度よく第2の層を形成しなければならなくなり、薄膜磁気ヘッドの製造が難しくなるという問題点があった。

【0013】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、磁極幅を小さくしても、磁束が磁極部分の先端まで届く途中で磁気飽和を起こすことを防止して、十分な書き込み能力を得ることができるようにすると共に、容易に製造できるようにした薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の薄膜磁気ヘッドは、磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部がギャップ層を介して対向する2つの磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる2つの磁性層と、この2つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイルとを有する誘導型電磁変換素子を備えた薄膜磁気ヘッドであって、2つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層は、一端部が記録媒体に対向する媒体対向面側に配置され、磁極部分を形成する磁極部層と、この磁極部層の他端部側に磁気的に結合されるヨーク部層とを有し、磁極部層の媒体対向面側の端部における幅が、磁極部層とヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における磁極部層の幅よりも小さいものである。

【0015】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁気的に連結され、且つ記録媒体に対向する側の一部がギャップ層を介して対向する2つの磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる2つの磁性層と、この2つの磁性層の間に絶縁層を介して配設された薄膜コイルとを有する誘導型電磁変換素子を備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、2つの磁性層と薄膜コイルを形成する各工程を含むと共に、2つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層を形成する工程が、一端部が記録媒体に対向する媒体対向面側に配置され、磁極部分を形成する磁極部層と、この磁極部層の他端部側に磁気的に結合されるヨーク部層とを形成すると共に、磁極部層の媒体対向面側の端部における幅を、磁極部層とヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における磁極部層の

幅よりも小さく形成するものである。

【0016】本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、磁極部層の媒体対向面側の端部における幅が、磁極部層とヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における磁極部層の幅よりも小さくなる。

【0017】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、例えば、磁極部層とヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における磁極部層の幅を、結合部分の媒体対向面側の端部におけるヨーク部層の幅よりも大きくする。

【0018】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、磁極部層の媒体対向面側の端部における幅は、例えば、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.5\mu\text{m}$ 以下である。

【0019】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、磁極部層の媒体対向面側の端部における幅は、例えば、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.3\mu\text{m}$ 以下である。

【0020】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、磁極部層の厚みは、例えば、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.5\mu\text{m}$ 以下である。

【0021】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、磁極部層の厚みは、例えば、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.3\mu\text{m}$ 以下である。

【0022】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、記録ギャップ層の厚みは例えば、 $0\mu\text{m}$ より大きく、 $0.1\mu\text{m}$ 以下である。

【0023】また、本発明の薄膜磁気ヘッドまたはその製造方法では、記録信号読み取り素子を設けてもよい。この場合、記録信号読み取り素子は、例えば磁気抵抗効果素子である。また、記録信号読み取り素子を、記録ギャップ層の中に配置してもよい。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【本発明の第1の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。なお、図1は、媒体対向面であるエアベアリング面に垂直な断面を示している。また、符号aで示した矢印は、磁気記録媒体の走行方向（空気の流れの方向）を示している。

【0025】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、スライダとして用いられる基板1と、この基板1の一方の面に隣接するように設けられた絶縁層2と、この絶縁層2における基板1とは反対側に隣接するように設けられた記録信号読み取り素子41と、この読み取り素子41における絶縁層2とは反対側に隣接するように設けられた書き込み素子42と、この書き込み素子42における読み取り素子41とは反対側に隣接するように設けられたオーバーコート層21とを備えている。

【0026】読み取り素子41は、絶縁層2における基板1とは反対側の面に隣接するように設けられた磁性材料よりなる下部シールド層3と、この下部シールド層3における絶縁層2とは反対側に設けられ、磁性材料からなり、読み取り素子41と書き込み素子42の双方に用いられる上部シールド層兼下部磁性層（以下、下部磁性層と記す。）9と、下部シールド層3と下部磁性層9との間に、絶縁層である下部シールドギャップ膜4および上部シールドギャップ膜8を介して設けられたMR素子5とを有している。

【0027】書き込み素子42は、誘導型電磁変換素子である。この書き込み素子42は、下部磁性層9と、この下部磁性層9における上部シールドギャップ膜8とは反対側の面に隣接するように設けられた非磁性材料よりなる記録ギャップ層10と、この記録ギャップ層10における下部磁性層9とは反対側の面に隣接するように設けられ、且つ、一端部が媒体対向面としてのエアベアリング面40側に配置された上部磁極部層12と、この上部磁極部層12の他端部側に磁氣的に結合された第1のヨーク部層15と、この第1のヨーク部層15に磁氣的に結合された第2のヨーク部層20と、この第2のヨーク部層20における上部磁極部層12とは反対側の端部と下部磁性層9との間を磁氣的に接続する磁性層13、16とを有している。

【0028】上部磁極部層12、ヨーク部層15、20および磁性層13、16は、上部磁性層を構成する。また、上部磁極部層12は、本発明における磁極部層に対応し、ヨーク部層15、20および磁性層13、16は、本発明におけるヨーク部層に対応する。

【0029】書き込み素子42は、更に、上部磁極部層12、ヨーク部層15、20および磁性層13、16からなる上部磁性層と、記録ギャップ層10との間に、絶縁層11、14、17、19を介して設けられた薄膜コイル18を有している。

【0030】下部磁性層9、上部磁極部層12、ヨーク部層15、20および磁性層13、16は、一般には、パーマロイ（ $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ ）やセンダスト（ FeAlSi ）を用いて形成される。他の例として、上部磁極部層12を、パーマロイよりも高飽和磁束密度の材料で形成してもよい。このような高飽和磁束密度材料の例としては、 $\text{Ni}_{45}\text{Fe}_{55}$ 、チツ化鉄（ FeN ）やその化合物、Co系アモルファス合金、 Fe-Co 、 Fe-M 、 Fe-Co-M の中のうちの少なくとも1種類を挙げることができる。ここで、Mは、Ni、N、C、B、Si、Al、Ti、Zr、Hf、Mo、Ta、Nb、Cu（いずれも化学記号）の中から選択された少なくとも1種類である。このような高飽和磁束密度の材料で上部磁極部層12を形成することにより、高保持力の磁気記録媒体に対しても、十分な記録性能を発揮することが可能となる。

【0031】また、下部磁性層9と上部磁性層の少なくとも一方を、パーマロイよりも高抵抗率の材料で形成してもよい。この場合には、書き込み信号が高周波数化された場合に磁性層内で発生する渦電流損失を、パーマロイを使用する場合に比べて低減させることができる。このような高抵抗率の材料の例としては、 Co-Fe 、 CoNiFe 、Co系アモルファス、 Fe-Co 系アモルファス、チツ化鉄（ FeN ）やその化合物、 Fe-M-N 、 Fe-M-O 、 Fe-Co-M-N 、 Fe-Co-M-O 、 Fe-Co-N の中のうちの少なくとも1種類を挙げることができる。ここで、Mは、B、Si、Al、Ti、Zr、Hf、Mo、Ta、Nb（いずれも化学記号）の中から選択された少なくとも1種類である。

【0032】記録ギャップ層10は、例えば、 Al_2O_3 、 SiO_2 等の金属酸化物や、 AlN 、 BN 、 SiN 等の窒化物によって形成することができる。また、記録ギャップ層10は、 Au 、 Cu 、 NiP 等の導電性非磁性材料によって形成してもよい。

【0033】図2は、図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍を示す斜視図、図3は、図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍を示す平面図である。これらの図に示したように、本実施の形態では、上部磁極部層12は、エアベアリング面（媒体対向面）40から所定の距離の位置までの部分では幅が一定で、その位置よりもエアベアリング面40とは反対側の部分では徐々に幅が大きくなるような形状を有している。また、第1のヨーク部層15は、エアベアリング面40側ほど幅が小さくなるような形状を有している。

【0034】図4は、図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍の構造の一例を示す正面図（媒体対向面から見た図）である。図4に示した構造では、ギャップ層10に接する下部磁性層9の面は平坦になっている。なお、図4において、符号6および51はMR素子5に接続された電極層を示すが、符号51で示す層にハードバイアスの機能を持たせる場合もある。

【0035】図5は、図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍の構造の他の例を示す正面図である。図5に示した構造では、下部磁性層9のうちギャップ層10に接する部分9aが凸状に形成されている。この部分9aの幅は、上部磁極部層12および記録ギャップ層10の幅と等しくなっている。このような構造は、トリム（Trim）構造と呼ばれる。このトリム構造によれば、下部磁性層9の部分9aおよび上部磁性層の上部磁極部層12のギャップ層側に、磁束が良好に集中し、記録磁界勾配の劣化およびサイドフリンジング磁界による記録にじみを解消することができる。なお、部分9aを下部磁性層9とは別個の層としてもよい。また、図4と同様に、図5において、符号6および51はMR素子5に接続された電極層を示すが、符号51で示す層にハードバイアスの機能を持たせる場合もある。

【0036】次に、図2および図3を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの特徴について説明する。

【0037】以下の説明では、図3に示したように、上部磁性層の上部磁極部層12のエアベアリング面40側の端部における幅、すなわち磁極幅を $W1$ とし、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面40側の端部における上部磁極部層12の幅を $W2$ とし、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面40側の端部における第1のヨーク部層15の幅を $W3$ とする。また、エアベアリング面40から、第1のヨーク部層15のエアベアリング面40側の端部までの距離を $d1$ とし、上部磁極部層12における一定の幅を有する部分の長さを $d2$ とする。また、図2に示したように、上部磁極部層12の厚みを $P2L$ とする。

【0038】本実施の形態では、上部磁極部層12のエアベアリング面40側の端部における幅 $W1$ が、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面40側の端部における上部磁極部層12の幅 $W2$ よりも小さくなっている。この関係を式で表すと、 $W1 < W2$ となる。

【0039】また、本実施の形態では、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面40側の端部における上部磁極部層12の幅 $W2$ が、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面40側の端部における第1のヨーク部層15の幅 $W3$ よりも大きくなっている。この関係を式で表すと、 $W2 > W3$ となる。

【0040】上部磁性層における磁極部層12とヨーク部層15、20を上記のような形状とすることにより、磁極幅を小さくしても、磁束が磁極部分の先端まで届く途中で磁気飽和を起こすことを防止することができる。

以下、このことを、シミュレーションの結果を参照して、詳しく説明する。

【0041】まず、図6ないし図8の斜視図を参照して、シミュレーションで使用した薄膜磁気ヘッドのモデルについて説明する。

【0042】図6は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドとの比較のための薄膜磁気ヘッドのモデルを表している。以下、このモデルで表される薄膜磁気ヘッドをヘッド(1)という。ヘッド(1)では、 $W2 = W3$ となっている。なお、図中、符号112は磁極部層を表し、符号115は第1のヨーク部層を表している。

【0043】図7は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドのモデルを表している。以下、このモデルで表される薄膜磁気ヘッドをヘッド(2)という。ヘッド(2)では、 $W2 > W3$ となっている。

【0044】図8は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドとの比較のための他の薄膜磁気ヘッドのモデルを表している。以下、このモデルで表される薄膜磁気ヘッドをヘッド(3)という。ヘッド(3)では、 $W2 < W3$ となっている。なお、図中、符号112は磁極部層を表し、符号115は第1のヨーク部層を表している。

【0045】図6ないし図8に示した形状は、いずれも、薄膜磁気ヘッドをエアベアリング面（以下、ABSともいう。）および基板の面に垂直な面で、磁極幅に対して左右対称に分割して得られる片側半分を表す1/2対称形状である。

【0046】次に、シミュレーションで想定した解析条件のうち、ヘッド(1)～ヘッド(3)に共通する条件を、以下の表に示す。

【0047】

【表1】

	厚み (μm)	初透磁率	飽和磁束密度 (G)
ヨーク部層	0.85	1500	9000
磁極部層	0.3	1500	20000
下部磁性層	0.2	1500	9000
MR素子	0.025	1500	9000
下部シールド層	1	1500	9000

【0048】

【表2】

記録ギャップ層の厚み (μm)	0.1
磁極幅 $W1$ (μm)	0.1
再生ギャップ層の厚み (μm)	0.08

【0049】なお、再生ギャップ層の厚みとは、MR素子とその上下のシールドギャップ層とを含む厚みをいう。

【0050】シミュレーションで想定した条件のうち、ヘッド(1)～ヘッド(3)で異なる条件は、以下の通りである。ヘッド(1)では、 $d1 = d2 = 0.3 \mu\text{m}$ である。ヘッド(2)では、 $d1 = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $d2 = 0.3 \mu\text{m}$ である。ヘッド(3)では、 $d1 = 0.1 \mu\text{m}$ 、 $d2 = 0.3 \mu\text{m}$ である。

【0051】また、シミュレーションでは、薄膜コイルを5巻とし、記録時の電流を40mAとした。シミュレーションでは、磁極部層の記録ギャップ層側における側部での磁束密度 B (T)を求めている。

【0052】図9は、上記のヘッド(1)～ヘッド(3)について、シミュレーションによって求めた、磁極部層内の磁束密度分布を示す図である。この図から、ヘッド(1)では、磁極部層の先端(ABS側の端部)よりも奥側の方が磁束密度が大きくなっており、磁束が磁極部層の先端に到達する前に途中で磁気飽和していることが分かる。ヘッド(3)にも、ヘッド(1)と同様の傾向が見られる。

【0053】これに対し、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに対応するヘッド(2)では、磁極部層の先端側ほど磁束密度が大きくなっており、磁束が途中で磁気飽和することなく、磁極部層の先端まで導かれている。

【0054】次に、図10および図11を参照して、磁極幅と磁極部層内の磁束密度分布との関係を調べたシミュレーションの結果について説明する。

【0055】図10は、ヘッド(1)のような形状の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極幅 $W1$ を、 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.4\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ と変化させたときの、磁極部層内の磁束密度分布を示す図である。なお、 $W1$ 、 $W2$ 、 $W3$ の関係は、 $W1=W2=W3$ である。図10から、ヘッド(1)のような形状の薄膜磁気ヘッドでは、 $W1$ が $0.5\mu\text{m}$ 以下になると、磁極部層の途中から奥側にかけて磁束密度が上昇しており、磁束が磁極部層の先端に到達する前に途中で磁気飽和しやすくなることが分かる。また、このような傾向は、 $W1$ が小さくなるほど顕著になり、特に $W1$ が $0.3\mu\text{m}$ 以下のときに特に顕著になる。

【0056】図11は、ヘッド(2)のような形状の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極幅 $W1$ を、 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.4\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ と変化させたときの、磁極部層内の磁束密度分布を示す図である。なお、 $W1$ 、 $W2$ 、 $W3$ の関係は、 $W2>W3>W1$ である。図11から、ヘッド(2)のような形状の薄膜磁気ヘッドでは、 $W1$ が $0.5\mu\text{m}$ 以下のときでも、磁極部層の先端側ほど磁束密度が大きくなっており、磁束が途中で磁気飽和することなく、磁極部層の先端まで導かれていることが分かる。従って、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、磁束が途中で磁気飽和することを防止することに関して、 $W1$ が $0.5\mu\text{m}$ 以下のときに明らかに効果があり、 $W1$ が $0.3\mu\text{m}$ 以下のときに効果が顕著であると言える。

【0057】次に、図12および図13を参照して、磁極部層の厚みと磁極部層内における磁束密度の分布との関係を調べたシミュレーションの結果について説明する。

【0058】図12は、ヘッド(1)のような形状の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部層の厚み $P2L$ を、 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ と変化させたときの、磁極部層内の磁束密度分布を示す図である。図12から、ヘッド(1)のような形状の薄膜磁気ヘッドでは、

$P2L$ が $0.5\mu\text{m}$ 以下のとき、磁極部層の先端よりも奥側の方が磁束密度が大きくなっており、磁束が磁極部層の先端に到達する前に途中で磁気飽和することが分かる。また、このような傾向は、 $P2L$ が小さくなるほど顕著になり、特に $P2L$ が $0.3\mu\text{m}$ 以下のときに特に顕著になる。従って、 $P2L$ として $0.5\mu\text{m}$ 以上の厚みが必要とされる。

【0059】図13は、ヘッド(2)のような形状の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁極部層の厚み $P2L$ を、 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ と変化させたときの、磁極部層内の磁束密度分布を示す図である。図13から、ヘッド(2)のような形状の薄膜磁気ヘッドでは、 $P2L$ が $0.5\mu\text{m}$ 以下のときでも、磁極部層の先端側ほど磁束密度が大きくなっており、磁束が途中で磁気飽和することなく、磁極部層の先端まで導かれていることが分かる。従って、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、磁束が途中で磁気飽和することを防止することに関して、 $P2L$ が $0.5\mu\text{m}$ 以下のときに明らかに効果がある。このため、磁極部層をより薄膜化することが可能となる。これは、磁極部の微細形成に有効である。

【0060】以上説明したように本実施の形態では、上部磁性層を、上部磁極部層12とヨーク部層15、20とに分けると共に、上部磁極部層12のエアベアリング面40側の端部における幅、すなわち磁極幅 $W1$ を、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面40側の端部における上部磁極部層12の幅 $W2$ よりも小さくしている。これにより、磁極幅 $W1$ を小さくしても、 $W2$ を $W1$ よりも大きくすることにより、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分の近傍における磁性層の体積を大きくすることができる。そのため、磁極幅 $W1$ を小さくしても、磁束が磁極部分の先端まで届く途中で磁気飽和を起こすことを防止することが可能となる。

【0061】また、本実施の形態では、特に、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面40側の端部における上部磁極部層12の幅 $W2$ を、上部磁極部層12と第1のヨーク部層15との結合部分のエアベアリング面40側の端部における第1のヨーク部層15の幅 $W3$ よりも大きくすることにより、上部磁極部層12のエアベアリング面40側の端部における幅、すなわち磁極幅 $W1$ を小さくしても、磁束が磁極部分の先端まで届く途中で磁気飽和を起こすことを顕著に防止することができる。

【0062】その結果、本実施の形態によれば、ヘッドを狭トラック幅化しても、磁束が磁極部分の先端に良好に集中し、記録磁界勾配の劣化およびサイドフリンジング磁界による記録にじみを低減することができる。また、これにより、オーバーライト特性を向上させることができると共に、書き込み信号の高周波数化も可能となる。以上のことから、本実施の形態によれば、記録密度

を大きくすることが可能となる。

【0063】また、本実施の形態では、上述のように $W2 > W3$ としたので、第1のヨーク部層15を、上部磁極部層12において第1のヨーク部層15よりも幅の大きな、同一材料の部分の上に形成することができ、磁極の微細加工が容易になる。また、本実施の形態では、 $W1 < W2$ としたので、磁極幅 $W1$ を小さくしても、 $W2$ を $W1$ よりも大きくすることができ、上述の $W2 > W3$ の関係を容易に実現することができ、薄膜ヘッドの製造が容易になる。

【0064】また、本実施の形態によれば、上部磁極部層12の厚みを小さくすることが可能となる。これにより、上部磁極部層12を微細に形成することが可能となり、磁極幅をより小さくすることが可能となる。また、これは、薄膜磁気ヘッドを小型化できることにもつながる。

【0065】次に、図14ないし図26を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。なお、図14ないし図26において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0066】本実施の形態に係る製造方法では、まず、図14に示したように、例えばアルティック($Al_2O_3 \cdot TiC$)よりなる基板1の上に、例えばアルミナ(Al_2O_3)よりなる絶縁層2を、約 $5\mu m$ の厚みで堆積する。次に、絶縁層2の上に、磁性材料よりなる読み取り素子41用の下部シールド層3を、 $1 \sim 3\mu m$ の厚みに形成する。

【0067】次に、図15に示したように、下部シールド層3の上に、例えばアルミナまたは窒化アルミニウムを $10 \sim 50nm$ の厚みにスパッタ堆積し、絶縁層としての下部シールドギャップ膜4を形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、再生用のMR素子5を形成するためのMR膜を、数十nmの厚みに形成する。次に、このMR膜の上に、MR素子5を形成すべき位置に選択的にフォトリソパターンを形成する。このとき、リフトオフを容易に行うことができるような形状、例えば断面形状がT型のフォトリソパターンを形成する。次に、フォトリソパターンをマスクとして、例えばイオンミリングによってMR膜をエッチングして、MR素子5を形成する。なお、MR素子5は、GMR(TMR(スピントンネル磁気抵抗効果)を含む。)素子でもよいし、AMR素子でもよい。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、同じフォトリソパターンをマスクとして、MR素子5に電氣的に接続される一対の第1の電極層6を、数十nmの厚みに形成する。第1の電極層6は、例えば、TiW、CoPt、TiW、Taを積層して形成される。次に、フォトリソパターンをリフトオフする。

【0068】次に、図16に示したように、第1の電極

層6に電氣的に接続される一対の第2の電極層7を、例えば $50 \sim 150nm$ の厚みで、所定のパターンに形成する。第2の電極層7は、例えば、銅(Cu)によって形成される。第1の電極層6および第2の電極層7は、MR素子5に電氣的に接続されるリードを構成する。

【0069】次に、図17に示したように、下部シールドギャップ膜4およびMR素子5の上に、絶縁層としての上部シールドギャップ膜8を、 $10 \sim 50nm$ の厚みに形成し、MR素子5をシールドギャップ膜4、8内に埋設する。次に、上部シールドギャップ膜8の上に、磁性材料からなり、読み取り素子41と書き込み素子42の双方に用いられる下部磁性層9を、約 $0.2 \sim 3\mu m$ の厚みに形成する。

【0070】次に、図18に示したように、下部磁性層9の上に、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる記録ギャップ層10を、 $0.04 \sim 0.2\mu m$ の厚みに形成する。

【0071】次に、図19に示したように、記録ギャップ層10の上に、スロートハイトを規定するための絶縁層11を、例えば $0.1 \sim 1.5\mu m$ の厚みに形成する。この絶縁層11は、例えばフォトリソ層を加熱することにより形成することができる。絶縁層11は、この他、アルミナ膜、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜等で形成してもよい。次に、絶縁層11よりも後方(図19(a)における右側)の位置において、磁路形成のために、記録ギャップ層10を部分的にエッチングしてコンタクトホール10aを形成する。

【0072】次に、図20に示したように、エアベアリング面から絶縁層11の上にかけて、書き込み素子42用の磁性材料からなる上部磁極部層12を、例えば $0.2 \sim 1.5\mu m$ の厚みに形成する。このとき同時に、上部磁極部層12と同じ材料を用いて、コンタクトホール10aに、磁路形成のための磁性層13を、例えば $0.2 \sim 1.5\mu m$ の厚みに形成する。これら上部磁極部層12および磁性層13は、例えば、フレームめっき法によって形成してもよいし、スパッタリングおよびエッチングによって形成してもよい。

【0073】次に、図21に示したように、上部磁極部層12をマスクとして、イオンミリングによって、記録ギャップ層10と下部磁性層9を、例えば $0.2 \sim 0.5\mu m$ だけエッチングして、トリム構造とする。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。

【0074】次に、図22に示したように、全面に、例えばアルミナよりなる絶縁層14を、例えば $0.2 \sim 3\mu m$ の厚みに形成し、その後、この絶縁層14を、上部磁極部層12および磁性層13の表面に至るまで研磨して平坦化する。この際の研磨方法としては、機械的な研磨またはCMP(化学機械研磨)が用いられる。この平

平坦化により、上部磁極部層12および磁性層13の表面が露出すると共に、上部磁極部層12と磁性層13との間が絶縁層14により埋め込まれた状態となる。

【0075】次に、図23に示したように、上部磁極部層12の上に、磁性材料からなる第1のヨーク部層15を形成する。この第1のヨーク部層15は、最大の幅が例えば約1~2 μm 、厚みが例えば約0.2~1.5 μm である。このとき同時に、第1のヨーク部層15と同じ材料を用いて、磁性層13の上に、磁路形成のための磁性層16を、例えば約0.2~1.5 μm の厚みに形成する。これら第1のヨーク部層15および磁性層16は、例えば、フレイムめっき法によって形成してもよいし、スパッタリングおよびエッチングによって形成してもよい。

【0076】次に、図24に示したように、全面に、例えばアルミナよりなる絶縁層17を、例えば0.4~3 μm の厚みに形成し、その後、この絶縁層17を、第1のヨーク部層15および磁性層16の表面に至るまで研磨して平坦化する。この際の研磨方法としては、機械的な研磨またはCMPが用いられる。この平坦化により、第1のヨーク部層15および磁性層16の表面が露出すると共に、第1のヨーク部層15と磁性層16との間が絶縁層17により埋め込まれた状態となる。

【0077】次に、図25に示したように、絶縁層17の上に、誘導型の書き込み素子用の薄膜コイル18を、例えば0.2~2 μm の厚みに形成する。次に、絶縁層17およびコイル18の上に、フォトレジストからなる絶縁層19を、所定のパターンに形成する。次に、絶縁層19を安定化するために、例えば200~250 $^{\circ}\text{C}$ の温度で熱処理する。

【0078】次に、第1のヨーク部層15、絶縁層19および磁性層16の上に書き込み素子用の磁性材料からなる第2のヨーク部層20を、例えば約1~3 μm の厚みに形成する。この第2のヨーク部層20は、コイル18よりも後方の位置において、コンタクトホール10a上に形成された磁性層13、16を介して下部磁性層9と接触し、磁気的に連結される。

【0079】次に、図26に示したように、第2のヨーク部層20の上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層21を、20~40 μm の厚みに形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、エアベアリング面を形成して、図1に示したような本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0080】なお、下部磁性層9や、上部磁極部層12、ヨーク部層15、20は、それぞれ、例えばNiFe (Ni:80重量%, Fe:20重量%)、NiFe (Ni:45重量%, Fe:55重量%)、センダスト、チッ化鉄(FeN)やその化合物、Co系のアモルファス合金等の高飽和磁束密度材を用いて形成してもよいし、これらの材料を2種類以上重ねて形成してもよい。

い。

【0081】本実施の形態では、スロートハイトは、スライダの研磨加工および絶縁層11のエアベアリング面側の端部によって決定される。

【0082】本実施の形態では、上部磁性層を、上部磁極部層12、第1のヨーク部層15および第2のヨーク部層20の3つの層に分割して形成するようにしたので、上部磁極部層12および第1のヨーク部層15を、エイベックス部のない、ほぼ平坦な面上に形成することができる。従って、上部磁極部層12および第1のヨーク部層15を、ハーフミクロンオーダやクォータミクロンオーダ以下まで微細に、且つ正確に形成することが可能となる。また、本実施の形態によれば、上部磁性層の形状の設計の自由度が高くなる。

【0083】〔本発明の第2の実施の形態〕次に、図27ないし図30を参照して、本発明の第2の実施の形態について説明する。なお、図27ないし図30において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、

(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0084】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1のヨーク部層15および磁性層16を形成するまでの工程は、第1の実施の形態と同様である。本実施の形態では、その後、図27に示したように、第1のヨーク部層15と磁性層16との間における絶縁層14の上に、薄膜コイル28を形成する。

【0085】次に、図28に示したように、全面に、例えばアルミナよりなる絶縁層29を、例えば0.2~3 μm の厚みに形成し、その後、この絶縁層29を、第1のヨーク部層15および磁性層16の表面に至るまで研磨して平坦化する。この際の研磨方法としては、機械的な研磨またはCMPが用いられる。この平坦化により、第1のヨーク部層15および磁性層16の表面が露出すると共に、第1のヨーク部層15と磁性層16との間に配置された薄膜コイル28が絶縁層29により埋め込まれた状態となる。

【0086】次に、図29に示したように、第1のヨーク部層15、絶縁層29および磁性層16の上に、書き込み素子用の磁性材料からなる第2のヨーク部層30を、例えば約1~3 μm の厚みに形成する。この第2のヨーク部層30は、薄膜コイル28よりも後方の位置において、磁性層13、16を介して、下部磁性層9と接触し、磁気的に連結される。

【0087】次に、図30に示したように、第2のヨーク部層30の上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層31を、20~40 μm の厚みに形成する。最後に、スライダの研磨加工を行って、エアベアリング面を形成して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0088】本実施の形態では、第1のヨーク部層1

5、絶縁層14および磁性層16の間の空間内に、薄膜コイル28を埋め込むようにしたので、第2のヨーク部層30も平坦な面の上に形成することができる。これにより、第2のヨーク部層30も、ハーフミクロンオーダやクォータミクロンオーダまで微細に、且つ正確に形成することが可能となる。

【0089】また、本実施の形態では、薄膜コイル28は、第1のヨーク部層15の上面よりも下側の部分に埋め込むようにすればよいので、上部磁極部層12や第1のヨーク部層15の膜厚が、薄膜コイル28の膜厚によって制約を受けることはない。従って、上部磁極部層12や第1のヨーク部層15のより微細化を図ることが可能となる。

【0090】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0091】〔本発明の第3の実施の形態〕次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。図31は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍を示す正面図（媒体対向面から見た図）である。本実施の形態では、書き込み素子の下部磁性層と上部磁性層との間に、読み取り用のMR素子を配置している。

【0092】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、書き込み素子の下部磁性層53と、上部磁性層の上部磁極部層12とが、所定の間隔を隔てて配置されている。下部磁性層53と上部磁極部層12との間には、非磁性絶縁層54、55を介して、MR素子5が設けられている。本実施の形態では、下部磁性層53と上部磁極部層12との間の部分が、記録ギャップ層となる。図4と同様に、図31において、符号6および51はMR素子5に接続された電極層を示すが、符号51で示す層にハードバイアス機能を持たせる場合もある。

【0093】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドによれば、書き込み素子と読み取り素子がほぼ同じ位置に設けられているので、書き込み素子と読み取り素子との間のオフトラック量のスキュー角依存性がなくなる。

【0094】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0095】なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、上記各実施の形態では、ヨーク部層を、第1のヨーク部層と第2のヨーク部層の2つの層に分けたが、1つの層で形成してもよい。

【0096】また、上記各実施の形態では、薄膜コイルを1層としたが、2層以上としてもよい。

【0097】また、上記各実施の形態では、基体側に読み取り用のMR素子を形成し、その上に、書き込み用の誘導型電磁変換素子を積層した構造の薄膜磁気ヘッドについて説明したが、この積層順序を逆にしてもよい。

【0098】つまり、基体側に書き込み用の誘導型電磁変換素子を形成し、その上に、読み取り用のMR素子を

形成してもよい。このような構造は、例えば、上記実施の形態に示した上部磁性層の機能を有する磁性膜を下部磁性層として基体側に形成し、記録ギャップ膜を介して、それに対向するように上記実施の形態に示した下部磁性層の機能を有する磁性膜を上部磁性層として形成することにより実現できる。この場合、誘導型電磁変換素子の上部磁性層とMR素子の下部シールド層を兼用させることが好ましい。

【0099】なお、このような構造の薄膜磁気ヘッドでは、凹部を形成した基体を用いることが好ましい。そして、基体の凹部に、コイル部を形成することによって、薄膜磁気ヘッド自体の大きさをさらに縮小化することができる。

【0100】また、本発明は、誘導型電磁変換素子のみを備え、この誘導型電磁変換素子によって読み取りと書き込みを行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0101】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし10のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項11ないし20のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、誘導型電磁変換素子の上部および下部の2つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層が磁極部層とヨーク部層とを有し、磁極部層の媒体対向面側の端部における幅が、磁極部層とヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における磁極部層の幅よりも小さくなるようにしている。従って、磁極幅を小さくしても、磁極部層とヨーク部層との結合部分の近傍における磁性層の体積を大きくすることができ、磁束が磁極部分の先端まで届く途中で磁気飽和を起こして書き込み能力が低下することを防止できるという効果を奏する。また、本発明によれば、磁極幅を小さくしても、磁極部層およびヨーク部層を容易に高精度に形成することができるので、超狭トラック幅を実現する薄膜磁気ヘッドを容易に製造することができるという効果を奏する。

【0102】特に、請求項2記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項12記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁極部層とヨーク部層との結合部分の媒体対向面側の端部における磁極部層の幅が、結合部分の媒体対向面側の端部におけるヨーク部層の幅よりも大きくなるようにしたので、磁極幅を小さくしても磁束が磁極部分の先端まで届く途中で磁気飽和を起こして書き込み能力が低下することを防止できると共に磁極幅の正確な制御が可能のために超狭トラック幅を実現する薄膜磁気ヘッドを容易に製造することができるという効果が顕著になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図2】図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍を示す斜視図である。

【図3】図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍を示す平面図である。

【図4】図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍の構造の一例を示す正面図である。

【図5】図1に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍の構造の他の例を示す正面図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドとの比較のための薄膜磁気ヘッドのモデルを示す斜視図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドのモデルを示す斜視図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドとの比較のための他の薄膜磁気ヘッドのモデルを示す斜視図である。

【図9】図6ないし図8に示したヘッドについてシミュレーションによって求めたABSからの距離と磁束密度との関係を示す特性図である。

【図10】図6に示したような形状の薄膜磁気ヘッドにおいて磁極幅を変化させたときのABSからの距離と磁束密度との関係を示す特性図である。

【図11】図7に示したような形状の薄膜磁気ヘッドにおいて磁極幅を変化させたときのABSからの距離と磁束密度との関係を示す特性図である。

【図12】図6に示したような形状の薄膜磁気ヘッドにおいて磁極部層の厚みを変化させたときのABSからの距離と磁束密度との関係を示す特性図である。

【図13】図7に示したような形状の薄膜磁気ヘッドにおいて磁極部層の厚みを変化させたときのABSからの距離と磁束密度との関係を示す特性図である。

【図14】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図15】図14に続く工程を説明するための断面図である。

【図16】図15に続く工程を説明するための断面図である。

【図17】図16に続く工程を説明するための断面図で

ある。

【図18】図17に続く工程を説明するための断面図である。

【図19】図18に続く工程を説明するための断面図である。

【図20】図19に続く工程を説明するための断面図である。

【図21】図20に続く工程を説明するための断面図である。

【図22】図21に続く工程を説明するための断面図である。

【図23】図22に続く工程を説明するための断面図である。

【図24】図23に続く工程を説明するための断面図である。

【図25】図24に続く工程を説明するための断面図である。

【図26】図25に続く工程を説明するための断面図である。

【図27】本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図28】図27に続く工程を説明するための断面図である。

【図29】図28に続く工程を説明するための断面図である。

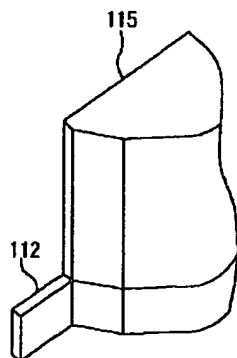
【図30】図29に続く工程を説明するための断面図である。

【図31】本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分の近傍を示す正面図である。

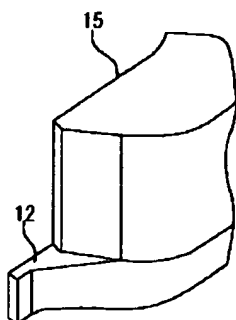
【符号の説明】

1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、5…MR素子、9…下部磁性層、10…記録ギャップ層、12…上部磁極部層、15…第1のヨーク部層、18…薄膜コイル、20…第2のヨーク部層、40…エアベアリング面、41…読み取り素子、42…書き込み素子。

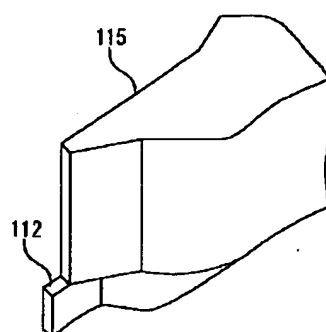
【図6】



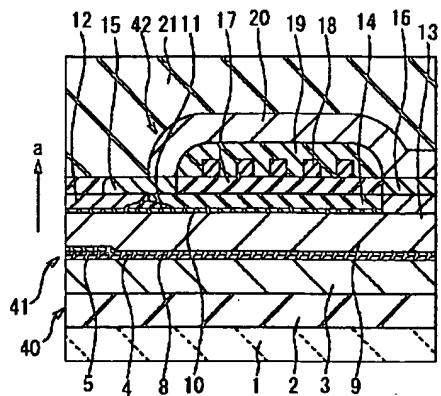
【図7】



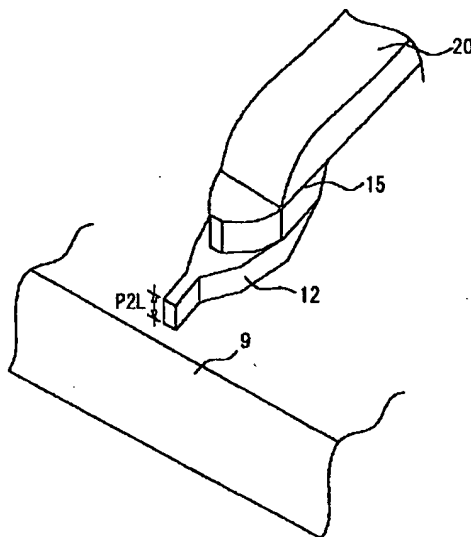
【図8】



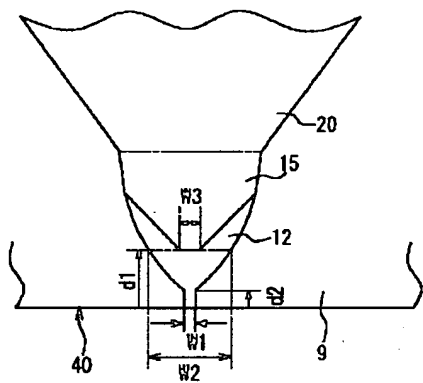
【図1】



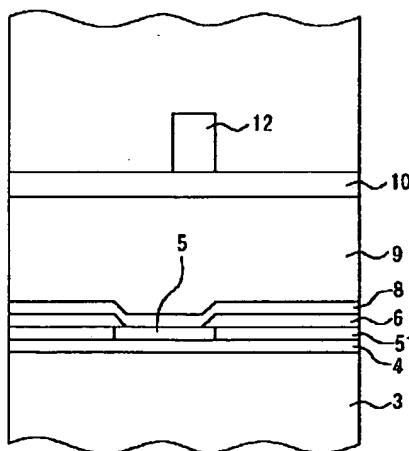
【図2】



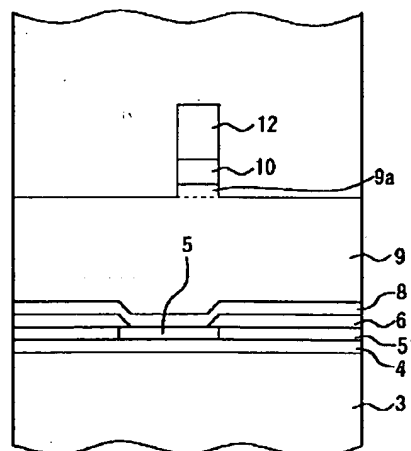
【図3】



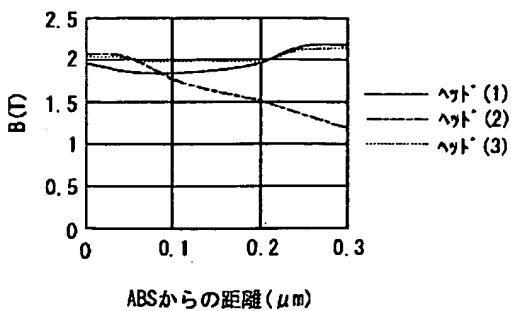
【図4】



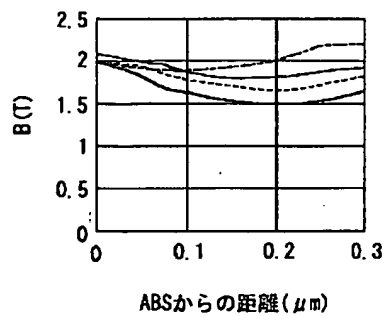
【図5】



【図9】

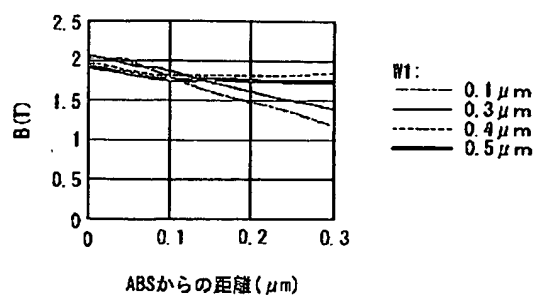


【図10】

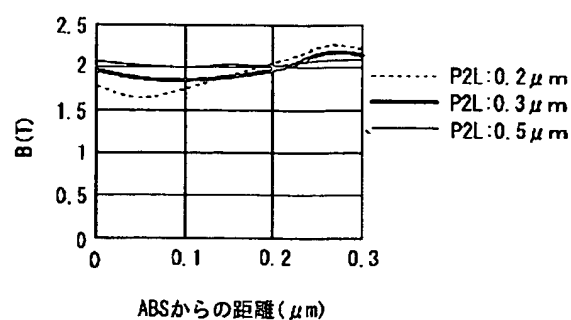


W1:
 — 0.1 μm
 - - 0.3 μm
 . . 0.4 μm
 - . 0.5 μm

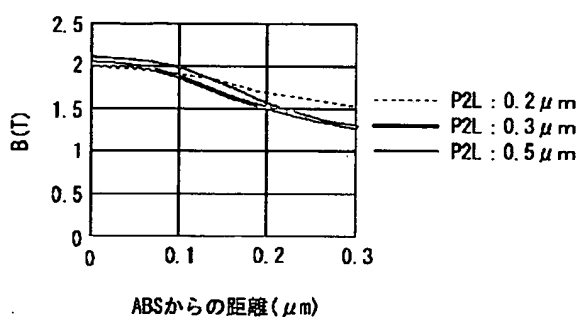
【図11】



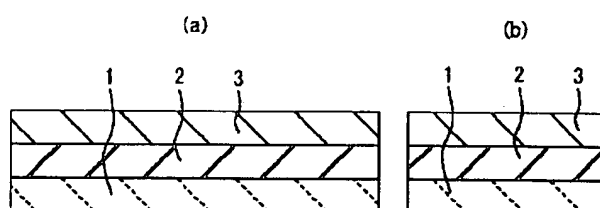
【図12】



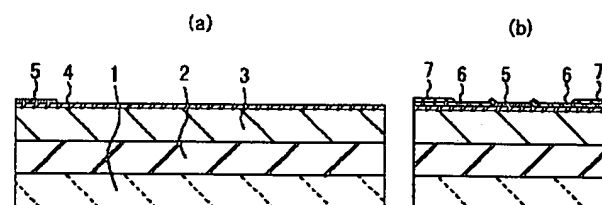
【図13】



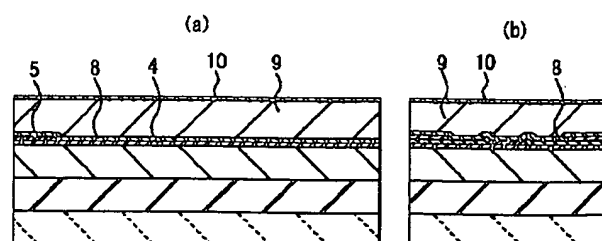
【図14】



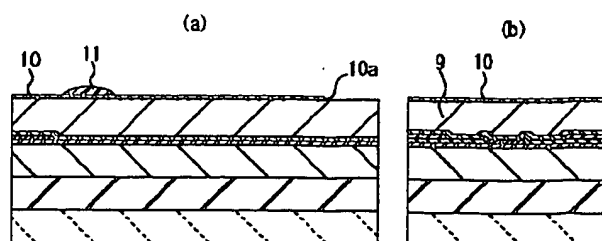
【図16】



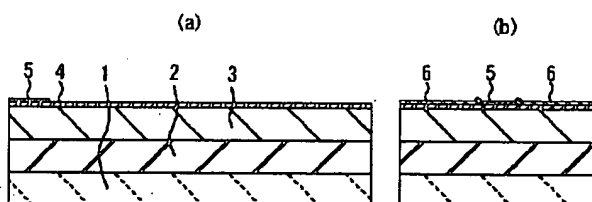
【図18】



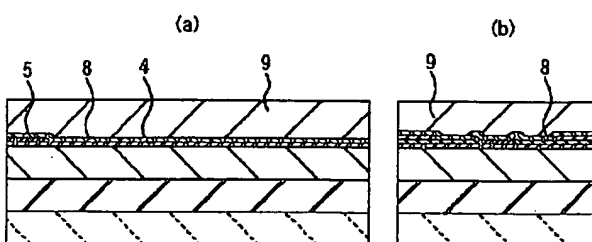
【図19】



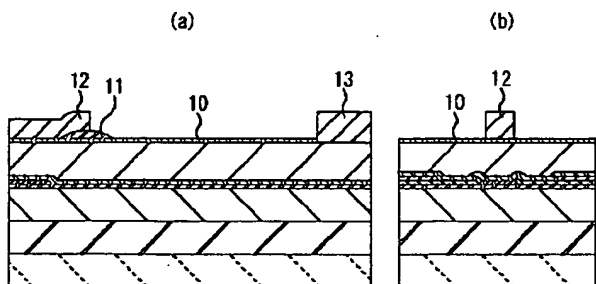
【図15】



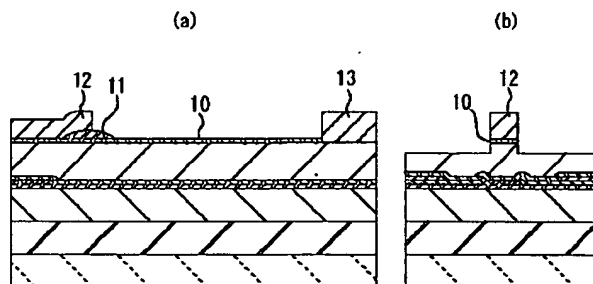
【図17】



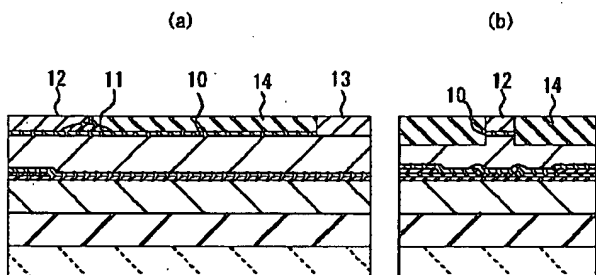
【図20】



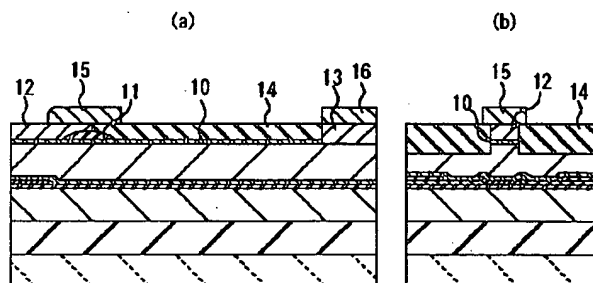
【図21】



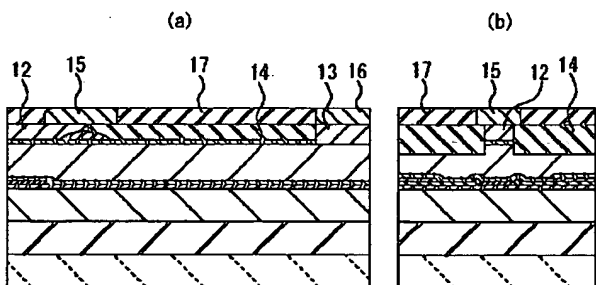
【図22】



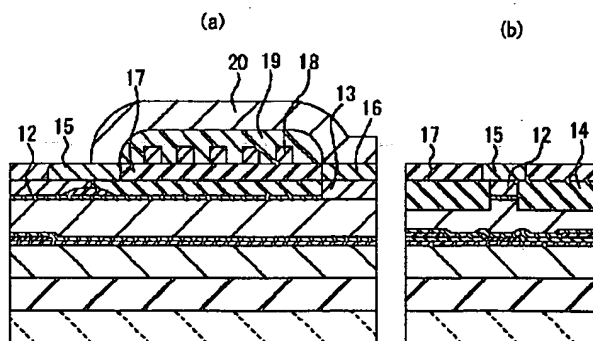
【図23】



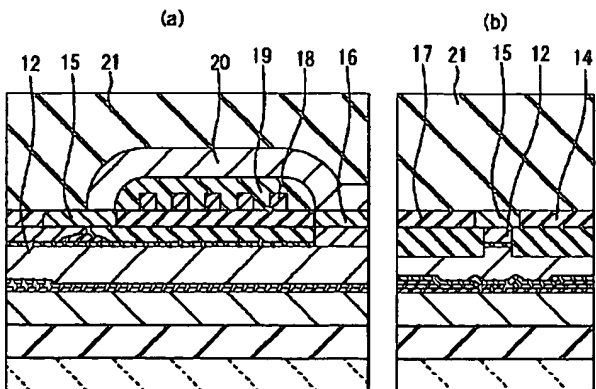
【図24】



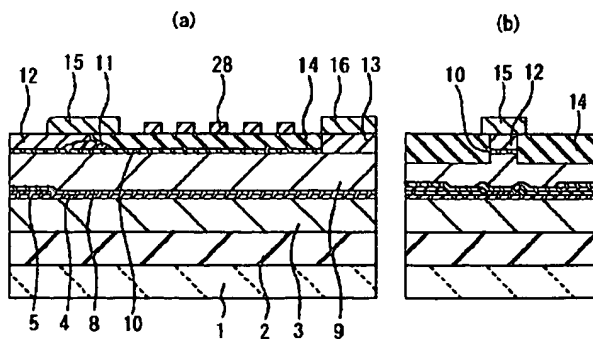
【図25】



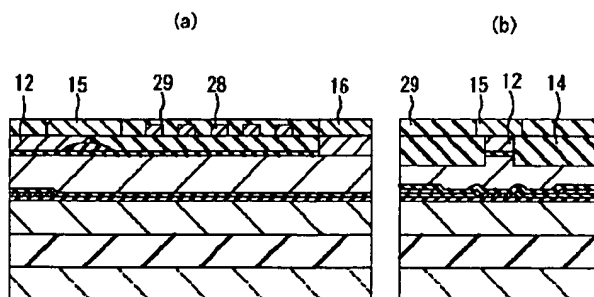
【図26】



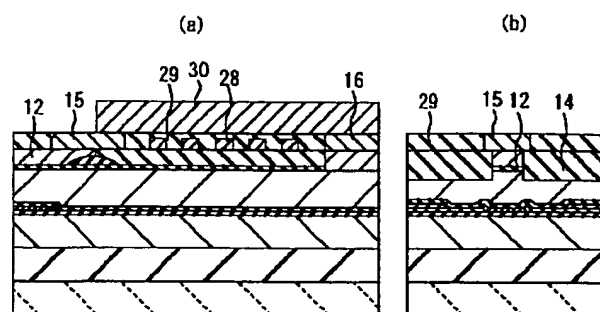
【図27】



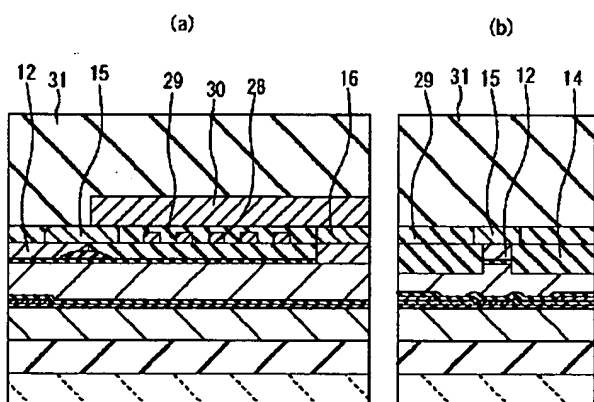
【図28】



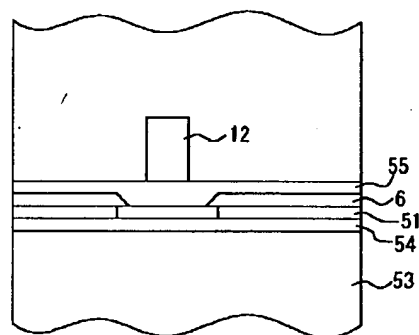
【図29】



【図30】



【図31】



This Page Blank (uspto)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-251219

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

G11B 5/39

(21)Application number : 11-048985

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 25.02.1999

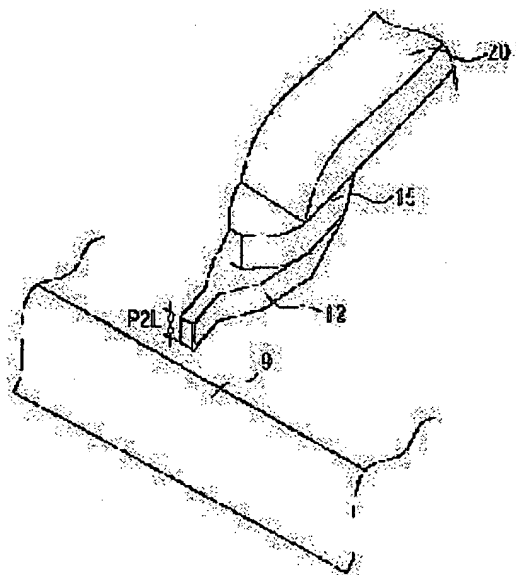
(72)Inventor : NOMURA IZUMI
ROPPONGI TETSUYA

(54) THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To secure sufficient writing capability and to facilitate the manufacture by preventing magnetic saturation before magnetic flux reaches the tip of a magnetic pole part, even when the magnetic pole width is made small.

SOLUTION: The upper magnetic layer of an induction type magnetic transducing element has an upper magnetic pole part layer 12, a 1st yoke part layer 15, and a 2nd yoke part layer 20. The width of the end part of the upper magnetic pole part layer 12 on the air-bearing surface side, i.e., magnetic pole width is less than the width of the upper magnetic pole part layer 12 at the air-bearing-surface side end part of the coupling part of the upper magnetic pole part layer 12 and 1st yoke part layer 15. Further, the width of the upper magnetic pole part layer 12 at the air-bearing-surface side end part of the coupling part of the upper magnetic pole part layer 12 and 1st yoke part layer 15 is larger than the width of the 1st yoke part layer 15 at the air-bearing-surface side end part of the coupling part between the upper magnetic pole part layer 12 and 1st yoke part layer 15.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Two magnetic layers which consist of at least one layer including two magnetic pole portions which the part of the side which is connected magnetically and counters a record medium counters through a gap layer, respectively the induction type which has the thin film coil arranged through the insulating layer between these two magnetic layers -- electromagnetism -- a sensing element It is the thin film magnetic head equipped with the above. one [at least] magnetic layer of the two aforementioned magnetic layers The magnetic pole member in which the end section is arranged at the medium opposed face side which counters a record medium, and forms a magnetic pole portion, It has the yoke member magnetically combined with the other end side of this magnetic pole member, and is characterized by the width of face in the edge by the side of the medium opposed face of the aforementioned magnetic pole member being smaller than the width of face of the aforementioned magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of the aforementioned magnetic pole member and the aforementioned yoke member.

[Claim 2] The thin film magnetic head according to claim 1 characterized by the width of face of the aforementioned magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of the aforementioned magnetic pole member and the aforementioned yoke member being larger than the width of face of the aforementioned yoke member in the edge by the side of the medium opposed face for the aforementioned bond part.

[Claim 3] The width of face in the edge by the side of the medium opposed face of the aforementioned magnetic pole member is the thin film magnetic head according to claim 1 or 2 characterized by being larger than 0 micrometer and being 0.5 micrometers or less.

[Claim 4] The width of face in the edge by the side of the medium opposed face of the aforementioned magnetic pole member is the thin film magnetic head according to claim 1 or 2 characterized by being larger than 0 micrometer and being 0.3 micrometers or less.

[Claim 5] The thickness of the aforementioned magnetic pole member is the thin film magnetic head according to claim 1 to 4 characterized by being larger than 0 micrometer and being 0.5 micrometers or less.

[Claim 6] The thickness of the aforementioned magnetic pole member is the thin film magnetic head according to claim 1 to 4 characterized by being larger than 0 micrometer and being 0.3 micrometers or less.

[Claim 7] The thickness of the aforementioned gap layer is the thin film magnetic head according to claim 1 to 6 characterized by being larger than 0 micrometer and being 0.1 micrometers or less.

[Claim 8] Furthermore, the thin film magnetic head according to claim 1 to 7 characterized by having a record signal reading element.

[Claim 9] The aforementioned record signal reading element is the thin film magnetic head according to claim 8 characterized by being a magnetoresistance-effect element.

[Claim 10] The aforementioned record signal reading element is the thin film magnetic head according to claim 8 or 9 characterized by being arranged in the aforementioned gap layer.

[Claim 11] Two magnetic layers which consist of at least one layer including two magnetic pole

portions which the part of the side which is connected magnetically and counters a record medium counters through a gap layer, respectively the induction type which has the thin film coil arranged through the insulating layer between these two magnetic layers — electromagnetism — a sensing element While including each process which is the manufacture method of the thin film magnetic head equipped with the above, and forms the two aforementioned magnetic layers and the aforementioned thin film coil The magnetic pole member in which the process which forms one [at least] magnetic layer of the two aforementioned magnetic layers is arranged at the medium opposed face side to which the end section counters a record medium, and forms a magnetic pole portion, While forming the yoke member magnetically combined with the other end side of this magnetic pole member, it is characterized by forming smaller than the width of face of the aforementioned magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of the aforementioned magnetic pole member and the aforementioned yoke member the width of face in the edge by the side of the medium opposed face of the aforementioned magnetic pole member.

[Claim 12] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 11 characterized by making width of face of the aforementioned magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of the aforementioned magnetic pole member and the aforementioned yoke member larger than the width of face of the aforementioned yoke member in the edge by the side of the medium opposed face for the aforementioned bond part.

[Claim 13] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 11 or 12 characterized by being larger than 0 micrometer and setting width of face in the edge by the side of the medium opposed face of the aforementioned magnetic pole member to 0.5 micrometers or less.

[Claim 14] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 11 or 12 characterized by being larger than 0 micrometer and setting width of face in the edge by the side of the medium opposed face of the aforementioned magnetic pole member to 0.3 micrometers or less.

[Claim 15] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 11 to 14 characterized by being larger than 0 micrometer and setting thickness of the aforementioned magnetic pole member to 0.5 micrometers or less.

[Claim 16] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 11 to 14 characterized by being larger than 0 micrometer and setting thickness of the aforementioned magnetic pole member to 0.3 micrometers or less.

[Claim 17] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 11 to 16 characterized by being larger than 0 micrometer and setting thickness of the aforementioned gap layer to 0.1 micrometers or less.

[Claim 18] Furthermore, the manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 11 to 17 characterized by including the process which forms a record signal reading element.

[Claim 19] The aforementioned record signal reading element is the manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 18 characterized by being a magnetoresistance-effect element.

[Claim 20] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 18 or 19 characterized by arranging the aforementioned record signal reading element in the aforementioned gap layer.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention -- at least -- an induction type -- electromagnetism -- it is related with the thin film magnetic head which has a sensing element, and its manufacture method

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the thing of the compound die which reads and has an element using the thin film write-in element and the magnetoresistance-effect (it is hereafter described as MR (Magneto Resistive).) element as the thin film magnetic head used for a magnetic disk unit is mainly used.

[0003] There are an AMR element using the anisotropy magnetic-reluctance (it is hereafter described as AMR (Anisotropic Magneto Resistive).) effect as a MR element, a spin bulb GMR element, a spin tunnel GMR element using the huge magnetic-reluctance (it is hereafter described as GMR (Giant Magneto Resistive).) effect, etc. It is not dependent on relative velocity with a magnetic disk, and MR element has the feature that high resolution is obtained. The reading element contains the 1st shield layer, the 2nd shield layer, and MR element. The 1st shield layer and the 2nd shield layer separate a predetermined interval mutually, and are arranged, and MR element is arranged through the suitable nonmagnetic insulator between the 1st shield layer and 2 shield layers.

[0004] as a write-in element -- an induction type -- electromagnetism -- a sensing element is used The laminating of the write-in element is carried out on for example, a reading element. the induction type used as a write-in element -- electromagnetism -- the sensing element has the thin film coil arranged through an insulating layer between the lower magnetic layer which served as the 2nd shield layer in a reading element, an up magnetic layer, and these two magnetic layers The lower magnetic pole portion and up magnetic pole portion which counter through the gap layer of minute thickness are formed in the nose-of-cam side (medium opposed face side) of a lower magnetic layer and an up magnetic layer. The opposite side is mutually combined with the lower magnetic pole portion and up magnetic pole portion in a lower magnetic layer and an up magnetic layer magnetically so that a magnetic circuit may be formed. The thin film coil is formed so that it may turn around the surroundings of the bond part of a lower magnetic layer and an up magnetic layer in the shape of a whorl. the induction type of such composition -- electromagnetism -- in a sensing element, the magnetic circuit in which the magnetic flux generated by the thin film coil contains a lower magnetic layer and an up magnetic layer is passed, and leakage flux occurs in a gap layer And writing is performed by this leakage flux.

[0005] By the way, high recording density-ization is demanded in the magnetic disk unit. In order to correspond to high recording density-ization using the thin film magnetic head of above-mentioned composition, you have to raise the amount of data (field recording density of data) recorded on per unit area of a magnetic disk. The improvement in the field recording density of data is attained by the improvement in a performance of magnetic-recording media, such as a magnetic disk, the reduction in the flying height of a head, high-frequency-ization of a write-in signal, etc. with the improvement in capacity of a write-in element.

[0006] One means which raises the capacity of a write-in element and raises field recording density is making small thickness of the gap layer between two magnetic poles. However, shortening of the thickness of a record gap layer is set to the predetermined head flying height, imitates reduction of the leakage magnetic field strength for record between two magnetic poles, is ** and has a limitation naturally.

[0007] Another means which raises field recording density is increasing the number of tracks recordable on a magnetic disk. The number of tracks which can record data on a magnetic disk is usually expressed by track density called TPI (track per inch). The capacity of the write-in element about improvement in this track density can be heightened by making small the head size which determines the width of face of a track. This head size is usually called the width of recording track of a write-in element.

[0008] By the way, in the case of the conventional general thin film magnetic head mentioned above, since the lower magnetic layer of a write-in element serves as the 2nd shield layer of a reading element, it cannot narrow width of face of a lower magnetic pole portion. For this reason, it is easy to produce during record a quite big side-fringing magnetic field (disclosure magnetic field which spreads in the side of a gap layer). A side-fringing magnetic field restricts the minimum width of recording track which can be attained, and makes improvement in track density produce a limitation. Moreover, a side-fringing magnetic field degrades the off-track performance when reading the written-in data and reading with an element.

[0009] As a means to solve the trouble mentioned above, the technology which doubled the width of face of a lower magnetic pole portion with the width of face of an up magnetic pole portion is indicated by U.S. Pat. No. 5,452,164. moreover, to this U.S. Pat. No. 5,452,164 While dividing into two layers, the 1st layer which forms a magnetic pole portion for an up magnetic layer, and the 2nd layer which forms a yoke portion In a part for the joint of these two layers, width of face of the 2nd layer is made larger than the width of face of the 1st layer, and the structure where the side was made to project the both-sides section of the cross direction of the 2nd layer from the both-sides side of the 1st layer is shown.

[0010] Moreover, as a means to improve the record magnetic field inclination by the side of the disk run direction of a magnetic pole portion, while dividing into two layers, the 1st layer which forms a magnetic pole portion for an up magnetic layer, and the 2nd layer which forms a yoke portion, the structure which kept away the point (edge by the side of a medium opposed face) of the 2nd layer from the medium opposed face is shown in JP,10-105921,A.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, conventionally, when the magnetic pole width of face of a head was about 2 micrometers, the magnetic flux which is generated by the thin film coil and passes a lower magnetic pole portion and an up magnetic pole portion had reached to the nose of cam (edge by the side of a medium opposed face) of a magnetic pole portion, without being saturated on the way. However, if it writes in in order to reduce the width of recording track in record, and the magnetic pole width of face of an element is reduced to about 0.5 micrometers or less, as the magnetic flux generated by the thin film coil will arrive to the nose of cam of a magnetic pole portion, in order to start magnetic saturation, the phenomenon of magnetic flux concentrating at the nose of cam of a magnetic pole portion, and being hard coming to be distributed over it occurs. And the trouble that the over-writing property which is a property in the case of record bleeding by reduction of the maximum record magnetic field, degradation of a record magnetic field distribution, and the side-fringing magnetic field occurring according to this phenomenon, and performing overwrite deteriorates, and the trouble that magnetic-saturation operation by the high-frequency driver zone deteriorates, and high-frequency-ization of a write-in signal becomes difficult occur. Above-mentioned U.S. Pat. No. 5,452,164 and neither of JP,10-105921,A can solve such a trouble.

[0012] Moreover, when it divided into two layers, the 1st layer which forms a magnetic pole portion for an up magnetic layer, and the 2nd layer which forms a yoke portion, it was made to form the 2nd layer in a Prior art on the 1st layer which has fixed width of face. Therefore, in a Prior art, when magnetic pole width of face of a head was made small, it must stop having had to form the 2nd layer with a sufficient precision on the 1st layer with small width of face, and there

was a trouble that manufacture of the thin film magnetic head became difficult.

[0013] While this invention was made in view of this trouble, preventing that the purpose starts magnetic saturation as magnetic flux arrives to the nose of cam of a magnetic pole portion, even if it makes magnetic pole width of face small and enabling it to acquire sufficient write-in capacity, it is in offering the thin film magnetic head it enabled it to manufacture easily, and its manufacture method.

[0014]

[Means for Solving the Problem] Two magnetic layers which consist of at least one layer including two magnetic pole portions which the part of the side which the thin film magnetic head of this invention is connected magnetically, and counters a record medium counters through a gap layer, respectively, It is the thin film magnetic head equipped with the sensing element. the induction type which has the thin film coil arranged through the insulating layer between these two magnetic layers -- electromagnetism -- one [at least] magnetic layer of the two magnetic layers The magnetic pole member in which the end section is arranged at the medium opposed face side which counters a record medium, and forms a magnetic pole portion, It has the yoke member magnetically combined with the other end side of this magnetic pole member, and the width of face in the edge by the side of the medium opposed face of a magnetic pole member is smaller than the width of face of the magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of a magnetic pole member and a yoke member.

[0015] Two magnetic layers which consist of at least one layer including two magnetic pole portions which the part of the side which the manufacture method of the thin film magnetic head of this invention is connected magnetically, and counters a record medium counters through a gap layer, respectively, the induction type which has the thin film coil arranged through the insulating layer between these two magnetic layers -- electromagnetism, while including each process which is the manufacture method of the thin film magnetic head equipped with the sensing element, and forms two magnetic layers and thin film coils The magnetic pole member in which the process which forms one [at least] magnetic layer of the two magnetic layers is arranged at the medium opposed face side to which the end section counters a record medium, and forms a magnetic pole portion, While forming the yoke member magnetically combined with the other end side of this magnetic pole member, the width of face in the edge by the side of the medium opposed face of a magnetic pole member is formed smaller than the width of face of the magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of a magnetic pole member and a yoke member.

[0016] By the thin film magnetic head or its manufacture method of this invention, the width of face in the edge by the side of the medium opposed face of a magnetic pole member becomes smaller than the width of face of the magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of a magnetic pole member and a yoke member.

[0017] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture method of this invention, width of face of the magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of a magnetic pole member and a yoke member is made larger than the width of face of the yoke member in the edge by the side of the medium opposed face for a bond part, for example.

[0018] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture method of this invention, the width of face in the edge by the side of the medium opposed face of a magnetic pole member is larger than 0 micrometer, and is 0.5 micrometers or less.

[0019] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture method of this invention, the width of face in the edge by the side of the medium opposed face of a magnetic pole member is larger than 0 micrometer, and is 0.3 micrometers or less.

[0020] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture method of this invention, the thickness of a magnetic pole member is larger than 0 micrometer, and is 0.5 micrometers or less.

[0021] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture method of this invention, the thickness of a magnetic pole member is larger than 0 micrometer, and is 0.3 micrometers or less.

[0022] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture method of this invention, the thickness of a record gap layer is larger than 0 micrometer, and is 0.1 micrometers or less.

[0023] Moreover, by the thin film magnetic head or its manufacture method of this invention, you may prepare a record signal reading element. In this case, a record signal reading element is for example, a magnetoresistance-effect element. Moreover, you may arrange a record signal reading element in a record gap layer.

[0024]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the form of operation of this invention is explained in detail with reference to a drawing.

[Form of operation of the 1st of this invention] drawing 1 is the cross section showing the composition of the thin film magnetic head concerning the form of operation of the 1st of this invention. In addition, drawing 1 shows the cross section perpendicular to the pneumatic bearing side which is a medium opposed face. Moreover, the arrow shown with Sign a shows the run direction (direction of air flow) of a magnetic-recording medium.

[0025] The substrate 1 for which the thin film magnetic head concerning the form of this operation is used as a slider, The record signal reading element 41 prepared so that the insulating layer 2 prepared so that one field of this substrate 1 might be adjoined, and the substrate 1 in this insulating layer 2 might adjoin an opposite side, It has the overcoat layer 21 prepared so that the reading [in / an element 42 and this write-in element 42 / it writes in and] element 41 prepared so that an opposite side might be adjoined might adjoin an opposite side in the insulating layer 2 in this reading element 41.

[0026] The lower shield layer 3 which consists of a magnetic material prepared so that the reading element 41 might adjoin the field of an opposite side in the substrate 1 in an insulating layer 2, The lower [an up shield layer-cum-] magnetic layer which is prepared in an opposite side in the insulating layer 2 in this lower shield layer 3, consists of a magnetic material, writes in with the reading element 41, and is used for the both sides of an element 42 (it is hereafter described as a lower magnetic layer.) It has the MR element 5 prepared between 9, and the lower shield layer 3 and the lower magnetic layer 9 through the lower shield gap film 4 and the up shield gap film 8 which are an insulating layer.

[0027] the write-in element 42 — an induction type — electromagnetism — it is a sensing element The record gap layer 10 which this write-in element 42 becomes from the non-magnetic material prepared so that the lower magnetic layer 9 and the up shield gap film 8 in this lower magnetic layer 9 might adjoin the field of an opposite side, The up magnetic pole member 12 by which it was prepared so that the field of an opposite side might be adjoined in the lower magnetic layer 9 in this record gap layer 10, and the end section has been arranged at the pneumatic bearing side 40 side as a medium opposed face, The 1st yoke member 15 besides magnetically combined with the other end side of the section magnetic pole member 12, The 2nd yoke member 20 magnetically combined with this 1st yoke member 15 and the up magnetic pole member 12 in this 2nd yoke member 20 have the magnetic layers 13 and 16 which connect magnetically between the edge of an opposite side, and the lower magnetic layers 9.

[0028] The up magnetic pole member 12, the yoke members 15 and 20, and magnetic layers 13 and 16 constitute an up magnetic layer. Moreover, the up magnetic pole member 12 corresponds to the magnetic pole member in this invention, and the yoke members 15 and 20 and magnetic layers 13 and 16 correspond to the yoke member in this invention.

[0029] The write-in element 42 has the thin film coil 18 further prepared through insulating layers 11, 14, 17, and 19 between the up magnetic layer which consists of the up magnetic pole member 12, yoke members 15 and 20, and magnetic layers 13 and 16, and the record gap layer 10.

[0030] Generally the lower magnetic layer 9, the up magnetic pole member 12, the yoke members 15 and 20, and magnetic layers 13 and 16 are formed using a permalloy (nickel80Fe20) or a Sendust (FeAlSi). As other examples, you may form the up magnetic pole member 12 with the material of high saturation magnetic flux density rather than a permalloy. As an example of such a high saturation-magnetic-flux-density material, at least one kind in in nickel45Fe55, CHITSU-ized iron (FeN) and its compound, Co system amorphous alloy, Fe-Co, Fe-M, and Fe-Co-M can

be mentioned. Here, M is at least one kind chosen from nickel, N, C, B, Si, aluminum, Ti, Zr, Hf, Mo, Ta, Nb, and Cu (all are chemical symbols). By forming the up magnetic pole member 12 with such a material of high saturation magnetic flux density, it becomes possible also to the magnetic-recording medium of high holding power to demonstrate sufficient record performance. [0031] Moreover, you may form at least one side of the lower magnetic layer 9 and an up magnetic layer with the material of high resistivity rather than a permalloy. In this case, the eddy current loss generated within a magnetic layer when a write-in signal is high-frequency-ized can be reduced compared with the case where a permalloy is used. As an example of such a material of high resistivity, at least one kind in Co-Fe, CoNiFe, Co system amorphous, Fe-Co system amorphous, CHITSU-ized iron (FeN) and its compound, Fe-M-N, Fe-M-O, Fe-Co-M-N, Fe-Co-M-O, and Fe-Co-N can be mentioned. Here, M is at least one kind chosen from B, Si, aluminum, Ti, Zr, Hf, Mo, Ta, and Nb (all are chemical symbols).

[0032] the record gap layer 10 — for example, aluminum $2O_3$ and SiO_2 etc. — it can form by the metallic oxide and nitrides, such as AlN, BN, and SiN. Moreover, you may form the record gap layer 10 with conductive non-magnetic materials, such as Au, Cu, and NiP.

[0033] The perspective diagram in which it is shown near the magnetic pole portion in the thin film magnetic head which showed drawing 2 to drawing 1, and drawing 3 are plans in which it is shown near the magnetic pole portion in the thin film magnetic head shown in drawing 1. As shown in these drawings, with the form of this operation, in the portion from the pneumatic bearing side (medium opposed face) 40 to the position of a predetermined distance, the up magnetic pole member 12 has fixed width of face, and has a configuration to which width of face becomes large gradually in the portion of an opposite side in the pneumatic bearing side 40 rather than the position. Moreover, the 1st yoke member 15 has a configuration to which width of face becomes small like the pneumatic bearing side 40 side.

[0034] Drawing 4 is the front view (drawing seen from the medium opposed face) showing an example of the structure near the magnetic pole portion in the thin film magnetic head shown in drawing 1. With the structure shown in drawing 4, the field of the lower magnetic layer 9 which touches the gap layer 10 is flat. In addition, in drawing 4, although signs 6 and 51 show the electrode layer connected to the MR element 5, they may give the function of hard bias to the layer shown with a sign 51.

[0035] Drawing 5 is the front view showing other examples of the structure near the magnetic pole portion in the thin film magnetic head shown in drawing 1. With the structure shown in drawing 5, partial 9a which touches the gap layer 10 among the lower magnetic layers 9 is formed in convex. The width of face of this partial 9a is equal to the width of face of the up magnetic pole member 12 and the record gap layer 10. Such structure is called trim (Trim) structure. According to this trim structure, magnetic flux can concentrate on the gap layer side of the up magnetic pole member 12 of partial 9a of the lower magnetic layer 9, and an up magnetic layer good, and record bleeding by degradation and the side-fringing magnetic field of record magnetic field inclination can be canceled. In addition, the lower magnetic layer 9 is good also as a separate layer in partial 9a. Moreover, like drawing 4, in drawing 5, although signs 6 and 51 show the electrode layer connected to the MR element 5, they may give the function of hard bias to the layer shown with a sign 51.

[0036] Next, with reference to drawing 2 and drawing 3, the feature of the thin film magnetic head concerning the form of this operation is explained.

[0037] Width of face [in / the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 of the up magnetic pole member 12 of an up magnetic layer / as the following explanation showed to drawing 3], Namely, set magnetic pole width of face to W_1 , and width of face of the up magnetic pole member 12 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 for the bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15 is set to W_2 . Let width of face of the 1st yoke member 15 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 for the bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15 be W_3 . Moreover, distance from the pneumatic bearing side 40 to the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 of the 1st yoke member 15 is set to d_1 , and the length of the portion which has the fixed width of face in the up magnetic pole member 12 is set to d_2 . Moreover, as shown in drawing 2,

thickness of the up magnetic pole member 12 is set to P2L.

[0038] With the form of this operation, the width of face W1 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 of the up magnetic pole member 12 is smaller than the width of face W2 of the up magnetic pole member 12 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 for the bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15. It will be set to $W1 < W2$ if this relation is expressed with a formula.

[0039] Moreover, with the form of this operation, the width of face W2 of the up magnetic pole member 12 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 for the bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15 is larger than width-of-face W3 of the 1st yoke member 15 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 for the bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15. It will become $W2 > W3$ if this relation is expressed with a formula.

[0040] Even if it makes magnetic pole width of face small by making the magnetic pole member 12 and the yoke members 15 and 20 in an up magnetic layer into the above configurations, as magnetic flux arrives to the nose of cam of a magnetic pole portion, it can prevent starting magnetic saturation. Hereafter, this is explained in detail with reference to the result of a simulation.

[0041] First, with reference to the perspective diagram of drawing 6 or drawing 8, the model of the thin film magnetic head used in the simulation is explained.

[0042] Drawing 6 expresses the model of the thin film magnetic head for comparison with the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation. Hereafter, the thin film magnetic head with which it is expressed with this model is called head (1). With the head (1), it is $W2 = W3$. In addition, among drawing, a sign 112 expresses a magnetic pole member and the sign 115 expresses the 1st yoke member.

[0043] Drawing 7 expresses the model of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation. Hereafter, the thin film magnetic head with which it is expressed with this model is called head (2). With the head (2), it is $W2 > W3$.

[0044] Drawing 8 expresses the model of other thin film magnetic heads for comparison with the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation. Hereafter, the thin film magnetic head with which it is expressed with this model is called head (3). With the head (3), it is $W2 < W3$. In addition, among drawing, a sign 112 expresses a magnetic pole member and the sign 115 expresses the 1st yoke member.

[0045] Each configuration shown in drawing 6 or drawing 8 is 1 / 2 symmetrical configuration of expressing the single-sided half which are a pneumatic bearing side (henceforth ABS), and a field perpendicular to the field of a substrate, divides the thin film magnetic head into a bilateral symmetry to magnetic pole width of face, and is obtained.

[0046] Next, the conditions common to a head (1) - a head (3) are shown in the following tables among the analysis conditions assumed in the simulation.

[0047]

[Table 1]

	厚み (μm)	初透磁率	飽和磁束密度 (G)
ヨーク部層	0.85	1500	9000
磁極部層	0.3	1500	20000
下部磁性層	0.2	1500	9000
MR素子	0.025	1500	9000
下部シールド層	1	1500	9000

[0048]

[Table 2]

記録ギャップ層の厚み (μm)	0. 1
磁極幅W1 (μm)	0. 1
再生ギャップ層の厚み (μm)	0. 08

[0049] In addition, the thickness of a reproduction gap layer means the thickness containing MR element and the shield gap layer of the upper and lower sides.

[0050] Conditions which are different with a head (1) – a head (3) among the conditions assumed in the simulation are as follows. With a head (1), it is $d1=d2=0.3\text{micrometer}$. With a head (2), they are $d1=0.5\text{micrometer}$ and $d2=0.3\text{micrometer}$. With a head (3), they are $d1=0.1\text{micrometer}$ and $d2=0.3\text{micrometer}$.

[0051] Moreover, in the simulation, the thin film coil was made into five volumes, and the current at the time of record was set to 40mA. It is asking for flux density [in the flank by the side of the record gap layer of a magnetic pole member] B (T) in the simulation.

[0052] Drawing 9 is drawing for which it asked by the simulation about the above-mentioned head (1) – the head (3) and in which showing the flux density distribution in a magnetic pole member. With a head (1), this drawing shows carrying out magnetic saturation on the way, before flux density is large rather than the nose of cam (edge by the side of ABS) of a magnetic pole member in the back side and magnetic flux reaches at the nose of cam of a magnetic pole member. The same inclination as a head (1) is looked at by the head (3).

[0053] On the other hand, with the head (2) corresponding to the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation, the nose-of-cam side of a magnetic pole member is drawn to the nose of cam of a magnetic pole member, without flux density's being large and magnetic flux carrying out magnetic saturation on the way.

[0054] Next, with reference to drawing 10 and drawing 11 , the result of the simulation which investigated the relation between magnetic pole width of face and the flux density distribution in a magnetic pole member is explained.

[0055] Drawing 10 is drawing showing the flux density distribution in a magnetic pole member when changing the magnetic pole width of face W1 with 0.1 micrometers, 0.3 micrometers, 0.4 micrometers, and 0.5 micrometers in the thin film magnetic head of a configuration like a head (1). In addition, the relation of W1, W2, and W3 is $W1=W2=W3$. When W1 is set to 0.5 micrometers or less from drawing 10 by the thin film magnetic head of a configuration like a head (1), it applies to a back side from the middle of a magnetic pole member, and flux density is rising, and before magnetic flux reaches at the nose of cam of a magnetic pole member, a bird clapper is known that it is easy to carry out magnetic saturation on the way. Moreover, such an inclination becomes so remarkable that W1 becomes small, and when especially W1 is 0.3 micrometers or less, it becomes remarkable especially.

[0056] Drawing 11 is drawing showing the flux density distribution in a magnetic pole member when changing the magnetic pole width of face W1 with 0.1 micrometers, 0.3 micrometers, 0.4 micrometers, and 0.5 micrometers in the thin film magnetic head of a configuration like a head (2). In addition, the relation of W1, W2, and W3 is $W2>W3>W1$. Drawing 11 shows being led to the nose of cam of a magnetic pole member in the thin film magnetic head of a configuration like a head (2), without flux density's being large and magnetic flux carrying out magnetic saturation of the nose-of-cam side of a magnetic pole member on the way, even when W1 is 0.5 micrometers or less. Therefore, about preventing that magnetic flux carries out magnetic saturation of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation on the way, when W1 is 0.5 micrometers or less, it is clearly effective, and when W1 is 0.3 micrometers or less, it can be said that an effect is remarkable.

[0057] Next, drawing 12 and drawing 13 are referred to, and the result of the simulation which investigated the relation between the thickness of a magnetic pole member and the distribution of the flux density in a magnetic pole member is explained.

[0058] Drawing 12 is drawing showing the flux density distribution in a magnetic pole member when changing thickness P2L of a magnetic pole member with 0.2 micrometers, 0.3 micrometers,

and 0.5 micrometers in the thin film magnetic head of a configuration like a head (1). In the thin film magnetic head of a configuration like a head (1), drawing 12 shows carrying out magnetic saturation on the way, before flux density is large rather than the nose of cam of a magnetic pole member in the back side and magnetic flux reaches at the nose of cam of a magnetic pole member, when P2L is 0.5 micrometers or less. Moreover, such an inclination becomes so remarkable that P2L becomes small, and when especially P2L is 0.3 micrometers or less, it becomes remarkable especially. Therefore, the thickness of 0.5 micrometers or more is needed as P2L.

[0059] Drawing 13 is drawing showing the flux density distribution in a magnetic pole member when changing thickness P2L of a magnetic pole member with 0.2 micrometers, 0.3 micrometers, and 0.5 micrometers in the thin film magnetic head of a configuration like a head (2). Drawing 13 shows being led to the nose of cam of a magnetic pole member in the thin film magnetic head of a configuration like a head (2), without flux density's being large and magnetic flux carrying out magnetic saturation of the nose-of-cam side of a magnetic pole member on the way, even when P2L is 0.5 micrometers or less. Therefore, about preventing that magnetic flux carries out magnetic saturation on the way, the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is clearly effective, when P2L is 0.5 micrometers or less. For this reason, it becomes possible to thin-film-ize a magnetic pole member more. This is effective in detailed formation of the magnetic pole section.

[0060] As explained above, while dividing an up magnetic layer into the up magnetic pole member 12 and the yoke members 15 and 20, with the gestalt of this operation, it is made smaller than the width of face W2 of the up magnetic pole member 12 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 for the bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15, the width of face W1 in an edge, i.e., the magnetic pole width of face, by the side of the pneumatic bearing side 40 of the up magnetic pole member 12. Thereby, even if it makes small magnetic pole width of face W1, volume of the magnetic layer in near for a bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15 can be enlarged by making W2 larger than W1. Therefore, even if it makes small magnetic pole width of face W1, as magnetic flux arrives to the nose of cam of a magnetic pole portion, it becomes possible to prevent starting magnetic saturation.

[0061] Especially with the gestalt of this operation, moreover, the width of face W2 of the up magnetic pole member 12 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 for the bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15 By making it larger than width-of-face W3 of the 1st yoke member 15 in the edge by the side of the pneumatic bearing side 40 for the bond part of the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15 Even if it makes it small, the width of face W1 in an edge, i.e., the magnetic pole width of face, by the side of the pneumatic bearing side 40 of the up magnetic pole member 12, as magnetic flux arrives to the nose of cam of a magnetic pole portion, it can prevent starting magnetic saturation notably.

[0062] Consequently, according to the gestalt of this operation, even if it forms a head into the ** width of recording track, magnetic flux can concentrate at the nose of cam of a magnetic pole portion good, and record bleeding by degradation and the side-fringing magnetic field of record magnetic field inclination can be reduced. Moreover, thereby, while being able to raise an over-writing property, high-frequency-ization of a write-in signal also becomes possible. According to the gestalt of this operation, it becomes possible from the above thing to enlarge recording density.

[0063] Moreover, with the gestalt of this operation, since it considered as $W2 > W3$ as mentioned above, the 1st yoke member 15 can be formed in the up magnetic pole member 12 on the portion of the same material with bigger width of face than the 1st yoke member 15, and micro processing of a magnetic pole becomes easy. Moreover, with the gestalt of this operation, since it was referred to as $W1 < W2$, even if it makes small magnetic pole width of face W1, W2 can be made larger than W1, the relation of above-mentioned $W2 > W3$ can be realized easily, and manufacture of a thin film head becomes easy.

[0064] Moreover, according to the form of this operation, it becomes possible to make small

thickness of the up magnetic pole member 12. This becomes possible to form the up magnetic pole member 12 minutely, and it becomes possible to make magnetic pole width of face smaller. Moreover, this leads to the ability of the thin film magnetic head to also be miniaturized.

[0065] Next, with reference to drawing 14 or drawing 26, the manufacture method of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is explained. In addition, in drawing 14 or drawing 26, (a) shows a cross section perpendicular to a pneumatic bearing side, and (b) shows the cross section parallel to the pneumatic bearing side of a magnetic pole portion.

[0066] By the manufacture method concerning the gestalt of this operation, first, as shown in drawing 14, the insulating layer 2 which consists of an alumina (aluminum 2O3) is deposited by the thickness of about 5 micrometers on the substrate 1 which consists of ARUTIKKU (aluminum 2O3 and TiC). Next, on an insulating layer 2, it consists of a magnetic material, and reads and the lower shield layer 3 for element 41 is formed at the thickness of 1–3 micrometers.

[0067] Next, as shown in drawing 15, on the lower shield layer 3, the spatter deposition of an alumina or the CHITSU-ized aluminum is carried out at the thickness of 10–50nm, and the lower shield gap film 4 as an insulating layer is formed. Next, MR film for forming the MR element 5 for reproduction on the lower shield gap film 4 is formed in the thickness of dozens of nm. Next, a photoresist pattern is alternatively formed in the position which should form the MR element 5 on this MR film. At this time, the configuration which can perform a lift off easily, for example, a cross-section configuration, forms a T type photoresist pattern. Next, MR film is *****ed by ion milling by using a photoresist pattern as a mask, for example, the MR element 5 is formed. In addition, a GMR (TMR (spin tunnel magnetoresistance effect) is included.) element is sufficient as the MR element 5, and the AMR element is sufficient as it. Next, the 1st electrode layer 6 of the couple electrically connected to the MR element 5 is formed in the thickness of dozens of nm by using the photoresist pattern same on the lower shield gap film 4 as a mask. The 1st electrode layer 6 carries out the laminating of TiW, CoPt, and TiW and Ta, and is formed. Next, the lift off of the photoresist pattern is carried out.

[0068] Next, as shown in drawing 16, the 2nd electrode layer 7 of the couple electrically connected to the 1st electrode layer 6 is formed in a predetermined pattern by the thickness of 50–150nm. The 2nd electrode layer 7 is formed with copper (Cu). The 1st electrode layer 6 and the 2nd electrode layer 7 constitute the lead electrically connected to the MR element 5.

[0069] Next, as shown in drawing 17, the up shield gap film 8 as an insulating layer is formed on the lower shield gap film 4 and the MR element 5 at the thickness of 10–50nm, and the MR element 5 is laid underground in the shield gap film 4 and 8. Next, the lower magnetic layer 9 which consists of a magnetic material, writes in with the reading element 41, and is used to the both sides of an element 42 on the up shield gap film 8 is formed in the thickness of about 0.2–3 micrometers.

[0070] Next, as shown in drawing 18, the record gap layer 10 which consists of an insulator layer, for example, an alumina film, is formed on the lower magnetic layer 9 at the thickness of 0.04–0.2 micrometers.

[0071] Next, as shown in drawing 19, the insulating layer 11 for specifying throat height on the record gap layer 10 is formed in the thickness of 0.1–1.5 micrometers. This insulating layer 11 can be formed by heating a photoresist layer. In addition to this, you may form an insulating layer 11 by the alumina film, the silicon oxide, the silicon nitride, etc. Next, in a back (right-hand side in drawing 19 (a)) position, for magnetic-path formation, the record gap layer 10 is *****ed partially and contact hole 10a is formed rather than an insulating layer 11.

[0072] Next, as shown in drawing 20, it applies on an insulating layer 11 from a pneumatic bearing side, and the up magnetic pole member 12 which consists of a magnetic material for write-in element 42 is formed in the thickness of 0.2–1.5 micrometers. At this time, the magnetic layer 13 for magnetic-path formation is simultaneously formed in contact hole 10a at the thickness of 0.2–1.5 micrometers using the same material as the up magnetic pole member 12. These up magnetic pole member 12 and a magnetic layer 13 may be formed for example, by the frame galvanizing method, and may be formed by sputtering and etching.

[0073] Next, as shown in drawing 21, by using the up magnetic pole member 12 as a mask, by ion milling, only 0.2–0.5 micrometers *****s and the record gap layer 10 and the lower

magnetic layer 9 are made into trim structure. According to this trim structure, the increase in the effective width of recording track by the breadth of the magnetic flux generated at the time of the writing of a ** track can be prevented.

[0074] Next, as shown in drawing 22, the insulating layer 14 which consists of an alumina is formed in the whole surface at the thickness of 0.2–3 micrometers, after that, it grinds and flattening of this insulating layer 14 is carried out until it reaches the front face of the up magnetic pole member 12 and a magnetic layer 13. As the polish method in this case, mechanical polish or mechanical CMP (chemical machinery polish) is used. While the front face of the up magnetic pole member 12 and a magnetic layer 13 is exposed with this flattening, between the up magnetic pole member 12 and magnetic layers 13 will be in the state where it was embedded by the insulating layer 14.

[0075] Next, as shown in drawing 23, the 1st yoke member 15 which consists of a magnetic material is formed on the up magnetic pole member 12. The width of face of the maximum [member / yoke / 15 / this / 1st] is about 1–2 micrometers, and thickness is about 0.2–1.5 micrometers. At this time, the magnetic layer 16 for magnetic-path formation on a magnetic layer 13 is simultaneously formed in the thickness of about 0.2–1.5 micrometers using the same material as the 1st yoke member 15. The yoke member 15 and magnetic layer 16 of these 1st may be formed for example, by the frame galvanizing method, and may be formed by sputtering and etching.

[0076] Next, as shown in drawing 24, the insulating layer 17 which consists of an alumina is formed in the whole surface at the thickness of 0.4–3 micrometers, after that, it grinds and flattening of this insulating layer 17 is carried out until it reaches the front face of the 1st yoke member 15 and a magnetic layer 16. Mechanical polish or mechanical CMP is used as the polish method in this case. While the front face of the 1st yoke member 15 and a magnetic layer 16 is exposed with this flattening, between the 1st yoke member 15 and magnetic layers 16 will be in the state where it was embedded by the insulating layer 17.

[0077] Next, as shown in drawing 25, the thin film coil 18 for the write-in elements of an induction type is formed on an insulating layer 17 at the thickness of 0.2–2 micrometers. Next, the insulating layer 19 which consists of a photoresist is formed on an insulating layer 17 and a coil 18 at a predetermined pattern. Next, in order to stabilize an insulating layer 19, it heat-treats at the temperature of 200–250 degreeC.

[0078] Next, the 2nd yoke member 20 which writes in on the 1st yoke member 15, an insulating layer 19, and a magnetic layer 16, and consists of a magnetic material for elements is formed in the thickness of about 1–3 micrometers. Rather than a coil 18, this 2nd yoke member 20 contacts the lower magnetic layer 9 in a back position through the magnetic layers 13 and 16 formed on contact hole 10a, and is connected magnetically.

[0079] Next, as shown in drawing 26, the overcoat layer 21 which consists of an alumina is formed on the 2nd yoke member 20 at the thickness of 20–40 micrometers. Finally, polish processing of a slider is performed, a pneumatic bearing side is formed, and the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation as shown in drawing 1 is completed.

[0080] In addition, the lower magnetic layer 9, and the up magnetic pole member 12 and the yoke members 15 and 20 may be formed using high saturation-magnetic-flux-density material, such as NiFe (nickel:80 % of the weight, Fe:20 % of the weight), NiFe (nickel:45 % of the weight, Fe:55 % of the weight), a Sendust, CHITSU-ized iron (FeN), and an amorphous alloy of the compound and Co system, and may form two or more kinds of such material in piles, respectively.

[0081] Throat height is determined with the gestalt of this operation by the edge by the side of polish processing of a slider, and the pneumatic bearing side of an insulating layer 11.

[0082] With the gestalt of this operation, since an up magnetic layer is divided into three layers, the up magnetic pole member 12, the 1st yoke member 15, and the 2nd yoke member 20, and was formed, the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15 can be formed on an almost flat field without the apex section. Therefore, it becomes possible to form minutely and correctly the up magnetic pole member 12 and the 1st yoke member 15 in half micron order or below quarter micron order. Moreover, according to the gestalt of this operation, the flexibility of a design of the configuration of an up magnetic layer becomes high.

[0083] With reference to [the gestalt of operation of the 2nd of this invention] next drawing 27 , or drawing 30 , the gestalt of operation of the 2nd of this invention is explained. In addition, in drawing 27 or drawing 30 , (a) shows a cross section perpendicular to a pneumatic bearing side, and (b) shows the cross section parallel to the pneumatic bearing side of a magnetic pole portion.

[0084] The process until it forms the 1st yoke member 15 and magnetic layer 16 by the manufacture method of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is the same as the gestalt of the 1st operation. With the gestalt of this operation, as shown in drawing 27 after that, the thin film coil 28 is formed on the insulating layer 14 between the 1st yoke member 15 and a magnetic layer 16.

[0085] Next, as shown in drawing 28 , the insulating layer 29 which consists of an alumina is formed in the whole surface at the thickness of 0.2-3 micrometers, after that, it grinds and flattening of this insulating layer 29 is carried out until it reaches the front face of the 1st yoke member 15 and a magnetic layer 16. Mechanical polish or mechanical CMP is used as the polish method in this case. While the front face of the 1st yoke member 15 and a magnetic layer 16 is exposed with this flattening, the thin film coil 28 arranged between the 1st yoke member 15 and a magnetic layer 16 will be in the state where it was embedded by the insulating layer 29.

[0086] Next, as shown in drawing 29 , the 2nd yoke member 30 which consists of a magnetic material for write-in elements is formed at the thickness of about 1-3 micrometers on the 1st yoke member 15, an insulating layer 29, and a magnetic layer 16. In a back position, through magnetic layers 13 and 16, this 2nd yoke member 30 contacts the lower magnetic layer 9, and is magnetically connected rather than the thin film coil 28.

[0087] Next, as shown in drawing 30 , the overcoat layer 31 which consists of an alumina is formed on the 2nd yoke member 30 at the thickness of 20-40 micrometers. Finally, polish processing of a slider is performed, a pneumatic bearing side is formed, and the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation is completed.

[0088] With the gestalt of this operation, since the thin film coil 28 was embedded in the space between the 1st yoke member 15, an insulating layer 14, and a magnetic layer 16, the 2nd yoke member 30 can also be formed on a flat field. This becomes possible [the 2nd yoke member 30] to form minutely and correctly to half micron order or quarter micron order.

[0089] Moreover, with the gestalt of this operation, since what is necessary is just to embed the thin film coil 28 into the portion below the upper surface of the 1st yoke member 15, the thickness of the up magnetic pole member 12 or the 1st yoke member 15 does not receive restrictions by the thickness of the thin film coil 28. Therefore, the thing of the up magnetic pole member 12 or the 1st yoke member 15 for which detailed-ization is attained more becomes possible.

[0090] The composition of others in the gestalt of this operation, the operation, and the effect are the same as the gestalt of the 1st operation.

[0091] [The gestalt of operation of the 3rd of this invention], next the gestalt of operation of the 3rd of this invention are explained. Drawing 31 is front view (drawing seen from the medium opposed face) in which it is shown near the magnetic pole portion in the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation. With the gestalt of this operation, MR element for reading is arranged between the lower magnetic layer of a write-in element, and an up magnetic layer.

[0092] In the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation, the lower magnetic layer 53 of a write-in element and the up magnetic pole member 12 of an up magnetic layer separate a predetermined interval, and are arranged. Between the lower magnetic layer 53 and the up magnetic pole member 12, the MR element 5 is formed through the nonmagnetic insulating layers 54 and 55. With the gestalt of this operation, the portion between the lower magnetic layer 53 and the up magnetic pole member 12 serves as a record gap layer. Like drawing 4 , in drawing 31 , although signs 6 and 51 show the electrode layer connected to the MR element 5, they may give a hard bias function to the layer shown with a sign 51.

[0093] Since according to the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation it reads with a write-in element and the element is prepared in the almost same position, it reads

with a write-in element and the angle-of-skew dependency of the amount of off-tracks between elements is lost.

[0094] The composition of others in the gestalt of this operation, the operation, and the effect are the same as the gestalt of the 1st operation.

[0095] In addition, this invention is not limited to the gestalt of each above-mentioned implementation, but various change is possible for it. For example, in the gestalt of each above-mentioned implementation, although the yoke member was divided into two layers, the 1st yoke member and the 2nd yoke member, you may form in one layer.

[0096] Moreover, although the thin film coil was made into one layer with the gestalt of each above-mentioned implementation, it is good also as more than two-layer.

[0097] moreover -- the gestalt of each above-mentioned implementation -- a base side -- reading -- MR element of business -- forming -- the induction type for writing to a it top -- electromagnetism -- although the thin film magnetic head of the structure which carried out the laminating of the sensing element was explained, you may make this built-up sequence reverse

[0098] that is, a base side -- writing in -- the induction type of business -- electromagnetism -- a sensing element may be formed and MR element for reading may be formed on it Such structure is realizable by forming in a base side by using as a lower magnetic layer the magnetic film which has the function of the up magnetic layer shown in the gestalt of the above-mentioned implementation for example, and forming the magnetic film which has the function of the lower magnetic layer it was indicated to the gestalt of the above-mentioned implementation that countered it as an up magnetic layer through a record gap film. in this case, an induction type -- electromagnetism -- it is desirable to make the up magnetic layer of a sensing element and the lower shield layer of MR element make it serve a double purpose

[0099] In addition, it is desirable to use the base in which the crevice was formed, in such the thin film magnetic head of structure. And the size of the thin film magnetic head itself can be further reduction-ized by forming the coil section in the crevice of a base.

[0100] moreover, this invention -- an induction type -- electromagnetism -- a sensing element -- having -- this induction type -- electromagnetism -- it is applicable also to the thin film magnetic head which performs reading and writing by the sensing element

[0101]

[Effect of the Invention] As explained above, by the manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 1 to 10 or the thin film magnetic head according to claim 11 to 20 One [at least] magnetic layer of the two magnetic layers, the upper part of a sensing element and the lower part, has a magnetic pole member and a yoke member. an induction type -- electromagnetism -- It is made for the width of face in the edge by the side of the medium opposed face of a magnetic pole member to become smaller than the width of face of the magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of a magnetic pole member and a yoke member. Therefore, even if it makes magnetic pole width of face small, as volume of the magnetic layer in near for a bond part of a magnetic pole member and a yoke member can be enlarged and magnetic flux arrives to the nose of cam of a magnetic pole portion, the effect that it can prevent that start and write in magnetic saturation and capacity declines is done so. Moreover, since according to this invention a magnetic pole member and a yoke member can be easily formed with high precision even if it makes magnetic pole width of face small, the effect that the thin film magnetic head which realizes the super-** width of recording track can be manufactured easily is done so.

[0102] According to the manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 2 or the thin film magnetic head according to claim 12, especially Since it was made for the width of face of the magnetic pole member in the edge by the side of the medium opposed face for the bond part of a magnetic pole member and a yoke member to become larger than the width of face of the yoke member in the edge by the side of the medium opposed face for a bond part Even if it makes magnetic pole width of face small, as magnetic flux arrives to the nose of cam of a magnetic pole portion, while being able to prevent that start and write in magnetic saturation and capacity declines, the effect that the thin film magnetic head to which exact control of magnetic pole width of face realizes the super-** width of recording track to eye a possible

hatchet can be manufactured easily becomes remarkable.

[Translation done.]

This Page Blank (uspto)